

1850.

ANNALEN No. 11
DER PHYSIK UND CHEMIE.

BAND LXXXI.

I. Ueber eine neue Methode, die Intensität des Magnetismus zu bestimmen, nebst einigen mit Hülfe derselben gefundenen Resultaten;
von H. vom Kolke in Aachen.

Im 74. Bande dieser Annalen, S. 331, hat Hr. Professor Plücker meiner unter dem Titel „*De nova magnetismi intensitatem metiendi methodo ac de rebus quibusdam hac methodo inventis*“ erschienenen Dissertation Erwähnung gethan. Da mir von Hrn. Poggendorff durch Hrn. Plücker die Aufforderung zugekommen ist, diese Arbeit in deutscher Sprache für die Annalen zuzurichten, so komme ich derselben hiermit nach, indem ich sie bis auf wenige unwesentliche Auslassungen und Veränderungen wörtlich folgen lasse.

Beschreibung der zu den Messungen gebrachten Apparate.

Die meisten der folgenden Beobachtungen sind an einem grossen Elektromagneten angestellt, der schon in diesen Annalen, Bd. 72, S. 316, im Allgemeinen beschrieben ist, dessen Beschreibung ich hier noch einmal und zwar ausführlich geben will. Der cylindrische Eisenkern, welcher zum Hufeisen gebogen ist, wiegt 84 Kilog. und hat 102^{mm} im Durchmesser. Die Mittelpunkte der beiden Pole stehen 284^{mm} von einander entfernt. Um jeden Schenkel sind 4 Lagen 4,36^{mm} dicken Kupferdrahtes von je 92 Windungen gewunden und zwar so, daß die 1. und 4. Lage, die 2. und 3. Lage ein Draht ist. Die ganze Drahtlänge

Poggendorff's Annal. Bd. LXXXI.

ist etwa 220 Met. ¹⁾). Die 4 Drahtenden nun sind jederseits, um den Strom in verschiedenen Combinationen durchgehen lassen zu können, in 4, durch hölzerne Zwischenstücke isolirte, Messingstücke eingelassen, die zu einer Säule verbunden sind und zwar so, dafs die 1. Lage in das unterste, die 4. in das 2., die 2. und 3. in das 3. und 4. eingelassen sind. Nenne ich die Messingstücke der einen Säule 1 2 3 4, die der anderen 1' 2' 3' 4', so habe ich, wenn ich den Strom durch 1 2 3 4 4' 3' 2' 1' schicke, ungleichnamige, durch 1 2 3 4 1' 2' 3' 4' gleichnamige Pole, durch 1 2 3 4 1' 2' 4' 3' nur einen magnetisch erregten Pol. (Der Versuch hat nämlich gezeigt, dafs, wenn der Strom durch 1 2 4 3 1' 2' 4' 3' ging, der Eisenkern *gar keinen* Magnetismus annahm.) Ich kann außerdem den Strom durch alle Windungen schicken, indem ich 1 und 3 und 1' und 3' einerseits, und 2 und 4 und 2' und 4' andererseits verbinde, kurz, ich kann unter diesen Umständen den Strom in jeder wünschenswerthen Combination durchschicken. Um den Strom direct umkehren zu können, ist zwischen den beiden Säulen ein Commutator angebracht. Der Eisenkern, der mit den glatt polirten Polen nach oben steht, ist in eine starke, mit drei Füfsen versehene eichene Bohle eingelassen, auf welcher die eben beschriebenen Apparate angebracht sind. Zwischen den beiden Schenkeln steht eine eichene Säule, in welcher der einzige Fuß eines oben mit, den Polen entsprechenden, Löchern versehenen Tischchens in jeder beliebigen Höhe vermittelt einer Schraube festgehalten werden kann. Die eisernen

- 1) Gegenwärtig sind um den Eisenkern 8 Lagen Kupferdraht gewunden, wodurch die magnetische Kraft bedeutend verstärkt wird. Wahrscheinlich werden die eine oder die andere der später beschriebenen Curven hierdurch Modificationen erhalten, was ich aber keine Gelegenheit gehabt habe untersuchen zu können. Ueberhaupt haben sich mir noch manche Fragen aufgestellt, deren Beantwortung ich aus Mangel an Zeit und Gelegenheit nicht habe suchen können. So wäre es unter andern interessant, zu erfahren, ob die Wirkung des Magnetismus nach außen in einem starken (z. B. Logeman'schen) Stahlmagneten eine verschiedene sey, wenn der Anker *mit* oder *ohne* Belastung vorgelegt ist.

Anker, die zunächst für andere Zwecke angefertigt waren, deren ich mich aber bei meinen Untersuchungen bedient habe, sind: 1) Ein großer, der Länge nach in der Mitte durchbohrter Anker, 364^{mm} lang und 67,5^{mm} breit und hoch; 2) Zwei parallelepipedische Halbanker, jeder 189^{mm} lang, 67,5^{mm} breit und 27^{mm} hoch; 3) Ein Conus 98,5^{mm} im Durchmesser, auf 4,5^{mm} cylindrisch und von da zugespitzt bis zur Höhe von 28^{mm}.

Der in diesem Magnet durch einen galvanischen Strom erregte Magnetismus ist außerordentlich stark. Schon der Strom eines einzigen Grove'schen Elementes reichte hin, um den ganzen etwa 140 Kilogr. schweren Apparat, und wahrscheinlich noch viel mehr, an dem aufgelegten großen Anker aufzuheben. Während der Strom durchging, war es unmöglich, den vorgelegten großen Anker zu bewegen und nach Unterbrechung des Stromes wurde der Anker noch mit solcher Gewalt festgehalten, daß die Kraft eines starken Mannes nöthig war, um ihn abzuschieben. Eine Prüfung des Magnetismus mit einem Schlüssel auf der Polfläche liefs schon deutlich erkennen, daß nicht alle Punkte derselben gleich stark magnetisch waren, und namentlich, daß nach den Kanten hin der Magnetismus stärker war. Ich stellte mir zunächst die Aufgabe, genau die Art der Vertheilung des Magnetismus auf diesen Polflächen und nachher auf aufgelegten Ankern zu bestimmen. Während der Untersuchung erweiterte sich die gestellte Aufgabe und auch das, was hier folgt, ist nur die Beantwortung eines Theils der Fragen, die sich in sehr verschiedenen Beziehungen mir entgegenstellten.

Da die verschiedenen Methoden, die Intensität des Magnetismus an verschiedenen Stellen eines Magneten zu bestimmen, namentlich auch die Coulomb'sche, hier nicht anwendbar waren, so kam ich auf den Gedanken, dies direct durch Bestimmung der Kraft zu thun, die nöthig ist, um ein kleines von einem bestimmten Punkte angezogenes Eisenstück abzuziehen. In wiefern mir dies gelungen sey,

wird die Beschreibung der dazu nöthigen Apparate, des Operirens selbst, und der dadurch gefundenen Resultate lehren.

An einer Wage, welcher bei einer Belastung von 500^{gr} noch 0,5^{gr} ausschlägt und an welcher wegen der Nähe des Magneten Nichts von Eisen gearbeitet ist, hängt auf der einen Seite eine Schale, auf der andern ein aequilibrirendes Gewicht, woran durch einen Seidenfaden ein kleines 1,7^{gr} schweres und 16^{mm} langes 4,5^{mm} dickes Eisenstäbchen befestigt ist. Will ich z. B. die Stärke des Magnetismus irgend eines Punktes auf der Polfläche des beschriebenen Magneten bestimmen, so stelle ich die Wage so auf den oben beschriebenen Tisch, dafs, wenn die Wage im Gleichgewicht ist und das Eisenstäbchen den bestimmten Punkt berührt, die Wagschale noch etwa 5—10^{mm} von der Tischplatte entfernt ist. Wird nun beim Durchschicken eines Stromes das Eisenstäbchen festgehalten, so schütte ich auf die Wagschale so lange feinen Bleischrot binzu, bis dafs Stäbchen abreifst.

Bei der Wahl des Eisenstäbchens kommen zwei Fragen in Betracht: die Gröfse und die Form. Die Gröfse mußte so genommen werden, dafs das Gewicht, welches zum Abziehen nöthig war, nicht zu grofs für die Wage und nicht zu klein für die Unterschiede der verschiedenen Punkte war. Diese war jedoch bald durch einige Versuche gegeben. Ueber die Form war ich länger im Zweifel, zwar nicht, dafs es ein cylindrisches seyn mußte, sondern darüber, wie die das Eisen berührende Seite beschaffen seyn sollte. Bei Abwägungen von glatten Flächen mußte ich wegen der grofsen Unregelmäßigkeit des Losreisens eine plane Form gleich verwerfen. Dafs aber auch von vorstehenden Kanten und Ecken ein zugespitztes am genauesten und regelmäfsigsten abgezogen wurde, ging aus folgenden Beobachtungen, (die ich zu einem andern, später näher zu bezeichnenden Zwecke anstellte) hervor. Die Abwägungen geschahen von dem auf den einen Pol aufgesetzten oben beschriebenen eisernen Conus. Unter übrigen gleichen

Umständen ergaben ein planes (a), ein abgerundetes (b) und ein zugespitztes (c) Stäbchen folgende Gewichte:

a.	b.	c.
{ 85,35 ^r	{ 79,25 ^r	{ 57,55 ^r
{ 91,7	{ 79	{ 57,4
{ 88	{ 83,4	
{ 86	{ 80,7	
{ 87	{ 80,8	
{ 57,2	{ 54,1	{ 45,6
{ 57	{ 54	{ 45,5
	{ 28,7	{ 35,5
	{ 33	{ 35,4
	{ 29,7	
	{ 32.	

Bei allen folgenden Beobachtungen hatte ich zur Controlle des constanten Stromes, wozu ich mich *eines* Grove'schen Elementes bediente, in hinlänglich großer Entfernung vom Magneten eine Tangentenbussole mit einem Rheostaten eingeschaltet, so daß die Nadel, wo es nicht anders besonders bemerkt ist, immer genau 20° abgelenkt wurde.

Ueber die Vertheilung des Magnetismus auf den Polflächen und den aufgelegten Ankern.

Ueber die Vertheilung des Magnetismus an einem Magnet sind bisher, so viel ich weiß, keine andern Untersuchungen gemacht worden, als die bekannten Coulomb's und später Kupffer's, wodurch sie die Intensitätscurve eines geradlinigen Stahlmagneten bestimmt haben. Ich werde hierauf später zurückkommen. Es soll jetzt zunächst meine Aufgabe seyn, die Stärke des Magnetismus an den verschiedenen Punkten einer Polfläche zu untersuchen. Im Allgemeinen ist durch alle folgenden Versuche bestimmt, daß der Magnetismus an den Kanten stärker ist, als auf den Flächen, und daß er, je weiter von den Kanten, um so schwächer wird. Bei symmetrischer Form einer solchen Polfläche, müssen die Isodynamen (Verbindungslinien der

Punkte, wo die Stärke des Magnetismus gleich ist) nothwendig symmetrisch seyn. So müssen z. B., wenn obiger Satz richtig ist, auf der glatt polirten Polfläche eines cylindrischen Magnetstabes der Minimumspunkt im Centrum, das Maximum in der Peripherie und die Isodynamen auf concentrischen Kreisen liegen. Ein einfacher Versuch, den ich an der glatt polirten Polfläche eines 24^{mm} dicken Eisencylinders anstellte, indem ich durch eine um denselben gewundene Spirale den Strom eines Grove'schen Elementes ohne Einschaltung einer Nadel schickte, gab beim Abwägen in der Mitte 25^{gr}, am Rande 31^{gr}. Das Verhältniß dieser Zahlen hängt nun von der Stromstärke (*respective* bei Stahlmagneten von der Stärke des Magnetismus) ab und zwar so, *dafs bei schwächerem Magnetismus das Verhältniß zwischen der Stärke der Mitte und des Randes gröfser ist, als bei stärkeren.* Die Richtigkeit dieses Satzes wird später durch Zahlen bestätigt werden.

Bei hufeisenförmigen Magneten stellt sich dieses zum Theil anders heraus und zwar in Folge der gegenseitigen Induction der beiden Pole. Nenne ich auf der einen Polfläche die Linie, welche die Mittelpunkte beider verbindet, die axiale Linie, und diejenige, welche senkrecht dieser, den Mittelpunkt durchschneidet, die aequatoriale, so ist klar, dafs zu beiden Seiten der axialen Linien Alles symmetrisch seyn mufs. Stelle ich nun die Stärke des Magnetismus auf diesen Linien durch Curven dar (wo die Abscissen durch die Eintheilung der Linien, die Ordinaten durch die Gröfse der abgewogenen Gewichte bestimmt werden) so werden diese Modificationen erleiden, je nachdem die Pole ungleichnamig oder gleichnamig sind, oder nur einer magnetisch erregt ist. Ausserdem wird hier von mehr untergeordnetem Einflusse seyn die Entfernung der Pole von einander und die Stärke des Stromes. Dafs der Einfluß dieser beiden letztern Umstände auf die Gestaltung der Curven in der That kein wesentlicher ist, wird aus dem Spättern klar hervorgehen.

Ich habe nun zur Bestimmung der Curven viele Abwä-

gungen gemacht und die Zahlen, die ich hier gebe, sind Mittel, grösstentheils aus mehreren, wenigstens aus zwei verschiedenen Abwägungen, die aber gewöhnlich nahe übereinstimmen. Nur wenn ich unter sonst gleichen Verhältnissen an verschiedenen Tagen abwog, fand ich Unterschiede von oft mehreren Grammen, welche Zahlen ich in diesem Falle auf die andern reducirt habe. Den Grund dieser scheinbaren Unregelmässigkeit werde ich später erläutern.

I. Die Bestimmung der Stärke des Magnetismus an den verschiedenen Punkten der Polfläche.

Gehen wir jetzt über zur Bestimmung der Stärke der verschiedenen Punkte der Polfläche. Wir unterscheiden hier folgende Fälle: A. Die Pole sind ungleichnamig; B. Die Pole sind gleichnamig; C. Nur ein Pol ist magnetisch erregt.

A. Die Pole sind ungleichnamig.

Um die einzelnen Punkte der Fläche bezeichnen zu können, ist die ziemlich kreisrunde Polfläche durch Durchmesser in Bogen von 10° eingetheilt und durch diese Durchmesser sind 8 concentrische Kreise in gleichen Abständen gezogen, welche ich von aussen her 1, 2, 3 u. s. w. nenne. Der Nullpunkt der Kreistheilung ist dem andern Pol am nächsten und nach beiden Seiten sind die Grade 10° 20° u. s. w. aufgezeichnet, so daß der vom andern Pole entfernteste Punkt 180° ; 1 heisst. Auf diese Weise kann ich jeden Punkt durch die Bezeichnung 10° ; 2 90° ; 5 etc. bestimmen. Natürlich brauchte ich nicht von allen Punkten abzuwägen, da 1) auf beiden Seiten sich nothwendig Symmetrie herausstellen mußte, (was auch durch Versuche bestätigt wird) 2) an den sich nahen Punkten zur Seite nur sehr geringe Unterschiede stattfanden und 3) es sich doch hauptsächlich um die Art der Curve und die Lage des Minimumspunkts handelte. Eben deshalb habe ich auch in der Nähe der Mitte noch Zwischenpunkte $5\frac{1}{2}$, $6\frac{1}{2}$, $7\frac{1}{2}$ und

$8\frac{1}{2}$ abgewogen. Um die Polfläche möglichst rein zu erhalten, habe ich die Eintheilung auf ein Papier gezeichnet und die einzelnen Theilpunkte mit einem Locheisen ausgeschlagen und dießs Papier mittelst einiger Wachsstücken auf den glatt polirten Pol festgeklebt.

So wie es überflüssig gewesen wäre, von allen Punkten abzuwägen, ebenso überflüssig wäre es auch hier, alle geschehenen Abwägungen aufzuzeichnen. Ich begnüge mich daher, nur die Resultate derjenigen Abwägungen hier zu geben, die zur Bestimmung der gezeichneten Curven gedient haben.

In dem Falle also, wo die Pole ungleichnamig sind, erhielten wir für die axiale Linie folgende Zahlen:

0°; 1.	61,1 ^{sr}	180°; 1.	51,6 ^{sr}		
2.	52,7	2.	45,1		
3.	46,6	3.	39,8		
4.	42,1	4.	37,3		
5.	39,7	5.	36,2	$5\frac{1}{2}$	35,8 ^{sr}
6.	38,4	6.	35,1	$6\frac{1}{2}$	34,1
7.	37,6	7.	33,7	$7\frac{1}{2}$	33,7
8.	36,2	8.	34	$8\frac{1}{2}$	34,3
		die Mitte v. 9.	35.		

Wir sehen aus diesen Zahlen, daß der Punkt des Maximums auf 0°; 1, also dem andern Pole am nächsten liegt, der Minimumspunkt aber von der Mitte weg nach der andern Seite gerückt ist. Die aus obigen Zahlen dargestellte Curve ist Fig. 6 Taf. I. *ab*.

Betrachten wir nun die Abwägungen auf der aequatorialen Linie, so erhalten wir die Zahlen:

90°; 1.	54,2 ^{sr}	90°; 5.	37 ^{sr}
2.	45,5	6.	35,5
3.	40,4	7.	35
4.	38	8.	35
		9.	35 ^{sr}

und beschreibe ich aus diesen die Curve, so erhalte ich die symmetrische Fig. 6 Taf. I. *cd*.

Ebenso kann ich aus den Abwägungen die Curve für den andern Durchmesser bestimmen, welche sämmtlich zwischen beiden liegen und natürlich alle denselben Durchschnitt haben müssen. Als Beispiel dienen noch folgende Abwägungen:

50°; 1.	56,5 ^{5r}	130°; 1.	53,9 ^{5r}
3.	42,6	3.	40
5.	37,8	5.	36,4
7.	35,5	7.	35

9. 35 Gr.

Fassen wir nun die einzelnen Isodynamen ins Auge, so müssen diese um den Punkt des Minimums geschlossene Curven (vielleicht Kreise) bilden, von welchen von da ab, wo von einem Punkte auf der Fläche (zwischen 0°; 2 und 0°; 3) ebenso viel abgewogen wird als von 180°; 1, nur noch Bogenstücke auf der Polfläche bleiben, welche immer kleiner sind, bis die letzte Curve die Polfläche nur in 0°; 1 berührt.

B. Die Pole sind gleichnamig.

Ob beide Pole Nordpolarität oder beide Südpolarität haben, kann hier ebenso wenig in Betracht kommen, als das: ob die vorhergehenden Abwägungen von dem Nordpol oder Südpol geschehen seyen. So wie sich die ungleichnamigen Pole eines magnetischen Hufeisens induciren, (sich gegenseitig verstärken), ebenso induciren sich zwei gleichnamige Pole zum Nachtheil, (sie schwächen sich). Wir können also schon voraus bestimmen, daß die Zahlen der Abwägungen nicht so groß wie vorher sind, und daß der Punkt des Maximums wenigstens nicht in 0°; 1 liegen kann. Dieser ist nämlich jetzt in 180°; 1 der Punkt des Minimums dagegen ist vom Centrum dem anderen Pole näher gerückt, wie wir an der aus folgenden Zahlen gefundenen Curve Fig. 6 Taf. I. *ef* sehen:

0°; 1. 27,9 ^{sr}	180°; 1. 32,1 ^{sr}
2. 24,7	2. 27,5
3. 22,1	3. 23,8
4. 20,6	4. 22,2
5. 18,3	5. 20,1
6. 17,4	6. 19,3
7. 16	7. 18,6
8. 16,1	8. 17,4
9. 16,6 ^{sr}	

Die dieser entsprechende Curve für die aequatoriale Linie ist Fig. 6 Taf. I. *gh* gezeichnet aus folgenden Zahlen:

90°; 1. 30,8 ^{sr}	90°; 5. 19 ^{sr}
2. 27	6. 17,9
3. 22,9	7. 17,4
4. 21,5	8. 17
9. 16,6 ^{sr}	

Hier gilt natürlich dasselbe, wie vorher, daß die Curven aller andern Durchmesser zwischen diesen beiden liegen müssen, daß die Isodynamen excentrisch vom Mittelpunkte der Polfläche, concentrisch um den Punkt des Minimums liegen, u. s. w. Eine Vergleichung dieser Curven mit den früheren finden wir am Schlusse dieses Theils.

C. Nur ein Pol ist magnetisch erregt.

Hier müssen wir unterscheiden zwischen dem erregten und dem bloß inducirten.

1. Der magnetisch erregte Pol.

Wollen wir hier auch die Stärke des Magnetismus voraus bestimmen, so sehen wir, daß er schwächer seyn muß, als wenn beide Pole ungleichnamig durch den galvanischen Strom erregt sind, aber immer weit stärker, als bei gleichnamigen Polen. Was die Art der Curve und die Lage des Minimums und Maximums betrifft, so muß dies im Allgemeinen sich verhalten wie in A., wird aber wegen der schwächeren Induction modificirt werden.

Die Zahlen für die axiale Curve Fig. 6 Taf. I, *ef* sind:

0°; 1.	46,9 ^{sr}	180°; 1.	44,6 ^{sr}
2.	40,8	2.	38,9
3.	35,8	3.	33,5
4.	32,5	4.	31,8
5.	30,9	5.	30
6.	30,3	6.	29
7.	28,9	7.	27,9
8.	28,3	8.	27,8
9.		28 ^{sr}	

Die Zahlen für die aequatoriale Curve Fig. 6 Taf. I. *gh* sind:

90°; 1.	45,2 ^{sr}	90°; 5.	30,2 ^{sr}
2.	40	6.	29,2
3.	34	7.	28,1
4.	32	8.	28,1
9.		28 ^{sr}	

Diese beiden Curven müssen nothwendig nahe zusammenliegen, weil die Induction von dem nicht magnetisch erregten Pol nicht so einflussreich seyn kann.

2. Der nicht magnetisch erregte Pol.

Wir finden in diesem Falle den Magnetismus stärker, als man bei oberflächlicher Ueberlegung vermuthen sollte. Bedenken wir aber, dafs nicht nur die Induction durch den andern Schenkel, sondern auch der galvanische Strom selbst durch das Eisen im vortheilhaften Sinne wirkt, so finden wir es nicht so auffallend. Die Kraft ist im Allgemeinen nur wenig schwächer, als bei *B*. Folgende sind die Zahlen für die beiden Curven Fig. 6 Taf. I. *no* und *pq*, von denen aber nur die cursiv gedruckten Zahlen wirklich abgewogen sind; die andern sind aus der Analogie der frühern berechnet.

Für die axiale Curve *no*:

0°; 1.	26^{5r}	180°; 1.	22,2^{5r}
2.	21,5	2.	18
3.	18,7	3.	15,8
4.	16,8	4.	14
5.	15,9	5.	13
6.	15	6.	12,7
7.	14,3	7.	12,2
8.	13	8.	12,3
9.		12,5^{5r}	

Für die aequatoriale Curve *pq*:

90°; 1.	22,5^{5r}	90°; 5.	13,8 ^{5r}
2.	18,5	6.	13,2
3.	16,6	7.	12,6
4.	15,4	8.	12,5
9.		12,5^{5r}	

Vergleichen wir nun die vier aequatorialen Curven mit einander, so finden wir, daß ihre Höhlungen nicht sehr von einander verschieden sind, mit andern Worten, daß der Unterschied zwischen den Abwägungen des Maximums und Minimums nicht sehr groß ist. Reduciren wir dieselben aber auf dieselbe Höhe, z. B. auf *cd*, so finden wir, daß ihre Höhlungen um so größer werden, je geringer der Magnetismus auf der Polfläche ist, daß also der oben (S. 326) ausgesprochene Satz richtig ist: Das Verhältniß zwischen Minimum und Maximum hängt ab von der Stärke des Magnetismus.

Die auf diese Weise reducirten Curven sind in Fig. 7 Taf. I. zusammengestellt.

II. Bestimmung des Magnetismus an verschiedenen Punkten des großen aufgelegten Ankers.

Wenn wir an einen hufeisenförmigen Magneten einen Anker anlegen, so versteht sich von selbst, daß dieser zum Magneten wird. Ebenso versteht es sich von selbst, daß der Magnetismus sich verschieden über die Oberfläche desselben vertheilt, je nachdem die beiden Pole ungleichnamig

oder gleichnamig sind, oder nur einer magnetisch inducirt ist. Auf welche Weise sich derselbe vertheile, wo das Maximum, wo das Minimum sey, möchte nicht so leicht voraus zu sagen seyn. Wir wollen hier die drei Fälle besonders betrachten. Der Anker wurde genau symmetrisch über beide Pole gelegt, die obere Fläche nach der breiten Richtung halbirt, nach der Längenrichtung in 16 gleiche Theile getheilt.

A. Die Pole sind ungleichnamig.

In der Mitte bildet sich ein Indifferenzpunkt und von da muß bis an die Enden der Magnetismus zunehmen. Ich habe die Mitte des Ankers 0 und von hier bis zum Ende die einzelnen Theilstriche 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, genannt. Von den beiden in Fig. 9 Taf. I. gezeichneten Curven giebt die eine die Intensität der Mittellinie, die andere die der Kante. Die Zahlen, die sich ergeben, sind:

auf der Mittellinie:

0. 0^{sr}

$\frac{1}{2}$. 2,5

1. 6,2

2. 12,2

3. 17,3

4. 23,1

5. 25

6. 26,3

7. 29,3

8. 37,7

auf der Kante:

0. 0 ^{sr}

$\frac{1}{2}$. 3,6

1. 7,5

$1\frac{1}{2}$. 13

2. 18

$2\frac{1}{2}$. 24

3. 28

4. 33,8

5. 35,1

6. 37,7

7. 38,4

8. 48,1.

Wir sehen, daß die beiden Curven ziemlich gleichmäßig laufen, daß sie aber beide in der Gegend des 4. Theilstrichs mehr oder weniger horizontal zu laufen beginnen. Dieß hängt wohl unstreitig damit zusammen, daß hier der Schenkel des Hufeisens beginnt, welcher die Curve vom Indifferenzpunkte bis dahin schnell steigen liefs. Die an-

dere Wendung der Curve hängt nur mit der oben ausgesprochenen Kantenwirkung zusammen.

B. Die Pole sind gleichnamig.

Dafs hier zunächst eine symmetrische Curve entstehen mufs, liegt auf der Hand. Ueberlegen wir nun, welcher Art diese Curve wohl seyn werde, so schliessen wir auf zwei Maxima, eins an den Enden und eins in der Mitte, wo sich dann der den gleichnamigen Polen gleiche Magnetismus gebildet haben würde. Und sehr wahrscheinlich würde dieses auch bei weit auseinander stehenden Polen und einem langen Anker der Fall seyn. Hier aber ist derselbe (entgegengesetzte) Magnetismus ziemlich gleichmäfsig über die ganze Länge des Ankers vertheilt und nur die Kantenwirkung bringt eine Biegung in der Curve hervor, Fig. 10 Taf I. Dafs man die Abwägungen von 0 bis 5, die nicht um 1st von einander differiren, als gleich betrachten kann, bedarf wohl kaum der Erwähnung. Die Zahlen dieser beiden Abwägungen sind folgende:

auf der Mittellinie:	auf der Kante:
0. 14,6 st	0. 23,6 st
1. 15,1	1. 23,4
2. 14,5	2. 23,4
3. 14,6	3. 24
4. 14,5	4. 23,5
5. 14,6	5. 23,7
6. 17,9	6. 26,1
7. 21,6	7. 28,6
8. 30	8. 40,6.

C. Nur ein Pol ist magnetisch erregt.

Da hier in Beziehung auf die Mitte keine Symmetrie seyn kann, so mufs über dem ganzen Anker abgewogen werden und ich nenne den äussersten Punkt des Ankers, der nicht auf dem inducirten Schenkel liegt, 0 und zwar von hier aus die Theilstriche 1, 2, 3... bis 16. Wir erwarten hier eine ähnliche Curve, wie bei ungleichnamigen

Polen, nur dafs der Indifferenzpunkt zum nicht erregten Pol rücken mufste. Die verschiedenen Abwägungen, aus welchen wir die beiden Curven in Fig. 11 Taf. I. construiert haben, sind:

auf der Mittellinie:			auf der Kante:		
0.	} 0 ^{gr}	9. 8,3 ^{gr}	0.	} 0 ^{gr}	9. 14,2 ^{gr}
1.		10. 10,5	1.		10. 17,8
2.		11. 13,3	2.		11. 20,4
3.		12. 17	3.		12. 25,1
4.		13. 18,3	4.		13. 26,6
5. 0,25		14. 19,8	5. 0,5		14. 27,5
6. 2, 3		15. 21,1	6. 3,8		15. 28,8
7. 5		15 $\frac{1}{2}$. 23,9	7. 6,3		15 $\frac{1}{2}$. 31,5
8. 7,1		16. 29,8	8. 9,6		16. 37,5.

Wir finden hier, was wir nicht erwartet hätten, dafs auf der ganzen Fläche des Ankers, welche gerade über dem einen nicht inducirten Schenkel liegt, keine Spur von Magnetismus vorhanden ist, nach der andern Seite sich die Curve auf gleiche Weise gestaltet, wie in dem Falle II A. Warum auf dieser verhältnifsmäfsig grofsen Strecke keine Spur von Magnetismus ist, läfst sich wohl schwerlich angeben. Ebenso wenig wird es wohl *a priori* bestimmt werden können, ob unter allen Umständen bei derselben Einrichtung hier keine magnetische Wirkung nach aufsen hin stattfindet, oder, wenn sie stattfindet, wie die Vertheilung des Magnetismus sich dann ergeben werde.

III. Die Bestimmung des Magnetismus bei verschiedener Entfernung der beiden parallelepipedischen Halbanker.

Es ist eine Thatsache, die sich allerdings aus dem Gesetze der Induction schliessen läfst, dafs der Magnetismus der beiden ungleichnamigen Schenkel eines Hufeisens um so mehr verstärkt wird, je näher sie einander stehen. Bei gleichnamigen Polen wird das umgekehrte stattfinden. Diese Verstärkung resp. Schwächung kann nun schon durch die Annäherung zweier aufgelegter Halbanker bewirkt werden. So viel ich weifs, hat zuerst Hr. Plücker die Annäherung

zweier Anker dazu benutzt, um den Magnetismus gleichsam zu concentriren. (Diese Annalen Bd. LXXII, S. 315 und folgende.) Um nun eine Anschauung davon zu geben, auf welche Weise die Zunahme des Magnetismus stattfindet, habe ich die S. 323 beschriebenen Halbanker auf die Pole gelegt und in der Mitte (*a*) und an einer Ecke (*b*) der dem andern Pole zugewandten Kante bei verschiedener Entfernung der Halbanker, von 162^{mm} (6" Par.) ab, abgewogen. Folgende sind die Resultate der Abwägungen.

Bei einer Entfernung von

162 ^{mm} oder 6" Par.		auf <i>a</i> 57 ^{gr}	<i>b</i> 73,2 ^{gr}
137	5	63,7	77
108	4	68,4	83,3
81	3	71,7	86,2
54	2	86,3	102,5
40,5	1 6"	95,8	107,1
27	1	111,7	128,5
22,5	10	121,6	139,3
18	8	136,1	147,2
13,5	6	150	163
9	4	172,8	193,2
4,5	2	196,4	207
2,25	1	201,6	213,5.

Stellen wir aus diesen Zahlen die beiden Curven Fig. 8. Taf. I. dar, so sehen wir, daß der Magnetismus bei gröfserer Annäherung sehr schnell wächst. Natürlich muß dieses Wachsen eine Gränze haben und diese liegt zwischen der Entfernung von 2,25^{mm} und der gänzlichen Berührung. Wenn diese Berührung vollkommen wäre, so würde nach II. 1. gar kein Magnetismus nach Außen wirkend da seyn können. Die Abwägung ergab aber in der Mitte noch ein Gewicht von 13^{gr}. Daß aber schon vor der unmittelbaren Berührung die Spannung des Magnetismus abgenommen hatte, ergab sich daraus, daß, als ich ein ziemlich dickes Glimmerblättchen zwischen die beiden Halbanker gebracht hatte, nur noch ein Gewicht von 25,3^{gr}

nö-

nöthig war, um das Eisenstäbchen abzureißen. Die Curven erhalten also zwischen der Entfernung von 1,25^{mm} in der gänzlichen Berührung einen Wendepunkt, der auch in der Figur angedeutet ist.

Dieselben Abwägungen bei gleichnamigen Polen würden zeigen, daß bei Annäherung der beiden Halbanker der Magnetismus geschwächt wird.

Ein Experiment über die Zunahme der Induction durch größere Eisenmassen.

Legen wir dem einen Pole unseres Magneten Eisenstücke auf, so verstärken wir den Magnetismus desselben. Wir schloßten, daß auch in diesem Falle die Induction auf den andern Pol beträchtlicher sey. Folgendes Experiment mag die Richtigkeit dieses Schlusses durch Zahlen erläutern. Daß diese Verstärkung der Induction bei ungleichnamigen Polen sich in einer Zunahme, bei gleichnamigen in einer Abnahme des Magnetismus zeigen müsse, ist klar.

Bei ungleichnamigen Polen war, um das Stäbchen von dem dem einen Pole aufgelegten Eisenkonus abzuziehen, ein Gewicht von 50,4^{gr} nöthig. Legte ich nun auf den andern Pol die beiden Halbanker, so erhielt ich ein Gewicht von 55,2^{gr}. Wurde nun noch der große Anker zugelegt, so stieg das zum Abreißen nöthige Gewicht auf 59,8^{gr}.

Bei gleichnamigen Polen erhielt ich ohne Aufsätze 27^{gr}, nach Auflegen der beiden Halbanker 25^{gr}, und endlich waren nach Auflegen des großen Ankers nur noch 20,8^{gr} nöthig, um das Stäbchen abzureißen.

Ueber das nach Unterbrechung des magnetisirenden Stromes in einem Elektromagneten zurückbleibende Residuum.

Unerklärlich war es mir lange Zeit, daß irgend ein bestimmter Punkt auf der Polfläche, obwohl er an dem-

selben Tage, auch nach 2 bis 3 Stunden, (wenn die Nadel der Bussole noch dieselbe Stromstärke anzeigte) fast genau (selten mit einem Unterschiede von 0,5^{er}) dasselbe Gewicht gab, an andern Tagen aber unter *ganz denselben* Verhältnissen häufig (nicht immer) einen Gewichtsunterschied bis zu 4^{er} zeigte und dieses Gewicht für denselben Tag consequent anzog. Ebenso unerklärlich war mir folgendes: Wenn ich bei gleichnamigen Polen die Stärke des Magnetismus durch Abwägen von dem dem einen Pole aufgelegten Konus prüfte, so war der Magnetismus des einen *immer* um einige Gramme stärker, als der des andern. Den Grund dieser letzten Erscheinung suchte ich zunächst in der Einwirkung des Erdmagnetismus, da der Magnet zufällig in der Richtung des magnetischen Meridians stand. Dafs dieser aber nicht der Grund war, ging daraus hervor, dafs die Messungen dieselben Resultate lieferten, nachdem ich den Magneten senkrecht zum magnetischen Meridian, und ebenso, nachdem ich ihn ganz herumgestellt hatte. Mir war da kein Zweifel mehr, dafs die beiden Anomalien denselben Grund haben mufsten, und ich suchte ihn jetzt in dem im Eisen zurückbleibenden Residuum von Magnetismus. Bekanntlich bleibt in dem Eisenkern eines Elektromagneten, dem ein Anker vorgelegt ist, nach dem Oeffnen der Kette noch ein beträchtliches Residuum von Magnetismus zurück, welches bei unserm Magneten so grofs ist, dafs der grofse vorgelegte Anker nach dem Oeffnen der Kette auch nur *eines* Grove'schen Elementes kaum von *einem* Manne heruntergeschoben werden kann. Viele glauben irrthümlich, dafs nach Wegnahme des Ankers keine Spur von Magnetismus im Eisen zurückbleibe ¹⁾; denn wenn wir den grofsen Anker auf unsern nicht magnetisirten Eisenkern legen, so haftet er durch die gegenseitige Induction nach einiger Zeit wieder so stark, dafs er nur mit Mühe wieder herunter zu bringen ist. Wir können aber auch das in den nicht armirten Schenkeln zurückge-

1) Baumgartner's Naturlehre, S. 474.

bliebene Residuum von Magnetismus direct durch Abwägen vom Konus bestimmen, wo wir immer noch ein Gewicht bis zu 5^{gr} zum Abziehen des Eisenstäbchens nöthig haben. Um nun die Beziehungen aufzufinden, in welchem jenes Residuum zu den oben angeführten Anomalien stehe, bin ich auf folgende Weise verfahren: Die Art des Residuums, nämlich in welchem Schenkel Nordmagnetismus, in welchem Süd magnetismus sey, wurde durch eine mit einem Pole an einem Faden aufgehängte Magnetnadel geprüft. Dann wurden, um grössere Gewichte zu erhalten, bei welchen der Beobachtungsfehler natürlich geringer ist, die Pole gleichnamig gemacht, wo dann der Pol, dessen magnetisches Residuum der gleichnamigen Polarität entsprach, ein größeres Gewicht beim Abreißen zeigen mußte.

Statt vieler hier nur *eine* Beobachtung:

Der Magnet steht ungefähr in der Richtung des magnetischen Meridians und hat in dem Schenkel nach Norden Südpolarität. Nachdem beide Pole zu Nordpolen gemacht waren, ergaben sich die Gewichte auf dem Schenkel nach Norden 29,5^{gr}, auf dem nach Süden 34,7^{gr}. Um mich nochmals davon zu überzeugen, ob und was für Einfluß der Erdmagnetismus auf das Residuum habe, setzte ich den Eisenkern durch einen hölzernen Hammer in vibrirende Bewegung. Da sich aber beim Abwägen wiederum dieselben Zahlen 29,5^{gr} und 35^{gr} auf denselben Schenkeln ergaben, hielt ich mich berechtigt, diese Wirkung gänzlich zu vernachlässigen. Jetzt ging ich darauf, den Einfluß des galvanischen Stromes zu prüfen. Nachdem der Strom von einem Element bei ungleichnamigen Polen in günstiger Richtung eine kurze Zeit durchgeschickt war; zeigte sich keine Aenderung in den Abwägungen. Als er aber nur kurze Zeit in entgegengesetzter Richtung durchgegangen war, zeigte sich schon die Art des Residuums umgekehrt, nämlich nach Norden Nord-, nach Süden Süd magnetismus. Die Abwägungen ergaben, beide Pole Nordpole, auf dem Schenkel nach Norden 33^{gr}, auf dem nach Süden 31,3^{gr}. Einige

andere Versuche mit stärkern Strömen ergaben, was auch zu vermuthen war, daß die Gröfse des Residuums von der Stärke des Stromes abhängt. *Es wird also die Art und Gröfse des Residuums nur durch die Richtung und Stärke des zuletzt durchgeschickten Stromes bestimmt.*

Machen wir uns die Sache noch etwas anschaulicher. Wenn z. B. im Pole *A* das Residuum Nordmagnetismus *n*, im Pole *B* Süd magnetismus *s* ist, und schicken wir einen Strom durch, der in *A* Nordmagnetismus *N*, in *B* Süd magnetismus *S* erregt, so erhalten wir in *A*: $N+n$ und in *B*: $S+s$. Schicken wir dagegen den Strom in entgegengesetzter Richtung durch, so erhalten wir in *A*: $S-n$ und in *B*: $N-s$. Wir sehen also, daß obige scheinbare Anomalien vollkommen erklärt sind.

Ueber die Stärke der Induction der beiden Schenkel auf einander bei verschiedener Stromstärke.

Bei allen vorhergehenden Untersuchungen hatten wir immer dieselbe Stärke des magnetisirenden Stromes. Daß diese, mithin auch die dadurch hervorgebrachte Gröfse des Magnetismus, hinsichtlich der Induction der Schenkel aufeinander eine nicht unbedeutende Rolle spielen muß, liegt auf der Hand. Und wenn wir die im Vorhergehenden gemachten Erfahrungen in Ueberlegung ziehen, so können wir mit ziemlicher Sicherheit schliessen, daß die Gröfse der inducirenden Wirkung der beiden Schenkel auf einander abnehmen muß mit der zunehmenden Stärke des Stromes. Folgendes mag zeigen, daß dieser Schluß richtig ist: Vermittelst des eingeschalteten Rheostaten konnte ich die Nadel der Tangentenbussole auf 15° und 10° Abweichung zurück und ebenso (mit Hülfe eines zweiten Grove'schen Elementes) auf 25° 30° und 35° vorwärts bringen. Zunächst will ich hier die Resultate der Abwägungen, die ich sowohl bei gleichnamigen, als bei ungleichnamigen Polen von dem dem einen Pole aufgelegten Konus gemacht habe, aufzeichnen

Bei ungleichnamigen Polen:	Bei gleichnamigen Polen:
10° 35,5 ^{sr} *	9,1 st
15° 45,6 *	18,5
20° 57,5 *	27,3
25° 69,6	35,2
30° 83,3	42,5
35° 101,2	53

Wir sehen hieraus, *dafs bei schwächerem Magnetismus die Induction der Schenkel auf einander bei weitem gröfser ist, als bei stärkerem.*

Betrachten wir das Verhältnifs, in welchem bei gleicher Stromstärke die Stärke des Magnetismus bei gleichnamigen Polen zu der bei ungleichnamigen Polen steht,

für 10°	3,901
15°	2,476
20°	2,106
25°	1,977
30°	1,915
35°	1,909

so finden wir, *dafs bei stärkern Strömen die Induction der Schenkel auf einander nur eine geringe Wirkung ausübt.* Um die Stärke des um 35° ablenkenden Stromes sich ungefähr vorstellen zu können, erwähne ich, *dafs ein Grove'sches Element ohne andern Widerstand bei ungleichnamigen Polen etwa 93 bis 94^{sr} abziehen läfst.* Leider konnte ich diese Untersuchung für stärkere Ströme nicht fortsetzen, da der sehr dünne Messingdraht des Rheostaten schon bei der Abweichung der Nadel von 35° sehr warm wurde und mir zur Regulirung gröfserer Stromstärke kein anderer zu Gebote stand.

In der neuesten Zeit hat man mehrfach die Gesetze der HH. Lenz und Jacobi in Zweifel gezogen und das eine oder andere Gesetz als unzureichend durch Versuche

*) Es sind dies die Zahlen, die ich in der Einleitung S. 325 angeführt habe.

nachgewiesen, so namentlich Hr. Dub in diesen Annalen, Bd. 74, S. 465 u. folg. Vielleicht möchte unsere Methode das einfachste Mittel abgeben, um die fraglichen Gesetze *alle* einer nochmaligen Prüfung zu unterwerfen, indem man die Untersuchung nicht auf geradlinige Eisenstäbe zu beschränken brauchte, sondern auch auf Hufeisenmagnete ausdehnen könnte.

Ueber die Vertheilung des Magnetismus auf einem regelmäßisg magnetisirten Stahlstab.

Wie bekannt, hat Coulomb mittelst Schwingungen und durch die Torsionswage Zahlen gefunden, woraus er eine Intensitätscurve des Magnetismus für einen regelmäßisg magnetisirten Stahlstab dargestellt hat. (Fig. 13 Taf. I. B.) Der von ihm gemessene Stab war 4,5^{mm} dick und 724,5^{mm} lang. Es läßt sich wohl *a priori* behaupten, dafs bei einem anderen Verhältnifs der Dicke zur Länge eine andere Curve entstehen müsse, namentlich, dafs, bei gröfserer Dicke im Verhältnifs zur Länge, die Curve von der Mitte nicht so lange flach laufen könne. Diefs hat sich auch aus den Versuchen ergeben, die Kupffer nach der Coulomb'schen Methode angestellt hat, dessen Stab die Dimensionen 607^{mm} und 12,5^{mm} hatte. Die aus den von ihm gefundenen Zahlen (die ich aus Gehler's Wörterbuch, Bd. VI. S. 798 genommen habe) dargestellte Curve ist in Fig. 13 Taf. I. C gezeichnet. Unsere Methode nun giebt uns ein Mittel an die Hand, auch Stäbe von beliebigen Dimensionen, (welches nach der Coulomb'schen nicht wohl möglich ist), in Bezug auf die Vertheilung des Magnetismus und zwar, wie ich glaube, viel leichter und genauer zu untersuchen. Es mag hier das Resultat einer solchen Untersuchung folgen, die ich vorgenommen habe an einem Magnetstabe von 610^{mm} Länge, 38^{mm} Breite und 9^{mm} Dicke; mit welchem in dem Bonner magnetischen Observatorium die Beobachtungen gemacht werden. Dafs die Abwägungen an verschiedenen Punkten desselben Querschnittes verschiedene Zahlen ergeben mufsten, war vorauszusehen und daher habe ich für

verschiedene Linien, vom Mittelpunkte bis zum Ende, die Zahlen und hieraus die Curven in Fig. 12 Taf. I. bestimmt: Die Curve *A* auf der Mittellinie der breiten Seite, die Curve *B* auf der Mittellinie der schmalen Seite, die Curve *C* auf der Kante, wenn der Stab flach auflag und die Curve *D* auf der Kante, wenn der Stab um 45° aufgehoben war. Der Stab selbst wurde während der Abwägungen senkrecht gegen den magnetischen Meridian gelegt. Die Eintheilungspunkte der Abwägungen in der Längenrichtung habe ich wie Coulomb genommen, so daß abgewogen wurde auf den Entfernungen vom Ende: 0^{mm} , $22,6^{\text{mm}}$, $45,2^{\text{mm}}$, $67,8^{\text{mm}}$, $101,7^{\text{mm}}$, $135,6^{\text{mm}}$, $203,4^{\text{mm}}$, $271,2^{\text{mm}}$ und 305^{mm} oder in der Mitte.

Folgende sind die Resultate:

	A.	B.	C.	D.
305^{mm}	0^{gr}	0^{gr}	0^{gr}	0^{gr}
271,2	1,5	1,6	1,7	1,5
203,4	6,1	8	8,7	5,5
135,6	8,6	10,9	13,8	7
101,7	12,1	17 *	17,5	10
67,8	16,6	21,4 *	24	13,6
45,2	19,6	26,5 *	27,5	15
22,6	25,5	33,7 *	35	18,2
0	35,3 *	39,8 *	46,5 *	27,9 *

Bei allen mit einem Sternchen bezeichneten Abwägungen, d. h. bei allen mit einem ziemlich grossen Gewicht auf der Kante vorgenommenen, rutschte das Eisenstäbchen, ehe es abgerissen wurde, etwa 2^{mm} auf der Fläche, was wohl auf folgende Weise erklärt wird. Jeder Punkt des Magneten sucht seine Wirkung auf das genäherte Eisenstäbchen auszuüben. Ganz auf der Kante ist nun ein Theil des Eisenstäbchens nicht oberhalb des Magneten selbst und wird, weil etwas von der Kante ab mehrere Punkte des Magneten und näher auf dasselbe einwirken können, bevor es abreißt, auf diesen wirksamern Punkt gezogen. Es war in der Regel nach dem Fortrücken des Stäbchens noch ein Gewicht von 1 bis 6^{gr} nöthig, um es völlig abzu-

reißen. Dasselbe geschah auch bei den oben unter II. A B und C geschehenen Abwägungen auf der Kante des großen Ankers, aber nicht (unter I.) auf der Kante der Polfläche. Letzteres erklärt sich wohl dadurch, daß die magnetisirende Spirale, welche bis dicht an die Polfläche reicht, selbst in der Nähe auf das Stäbchen anziehend und festhaltend wirken mußte. Daß es in den Fällen unter III. nicht geschehen konnte, erklärt sich leicht.

Sehen wir jetzt noch nach, wie an den Enden des Stabes bei verschiedener Lage desselben der Magnetismus sich zeigte: Richtete ich den ganzen Stab um 45° auf, so wurde, die breite Kante nach oben, das Stäbchen von der Mitte durch 24,7^{gr}, von der Ecke durch 29,3^{gr} abgezogen; war die schmale Kante nach oben, so erhielt ich von der Mitte 30,3^{gr}, von der Ecke 38,1^{gr}; die Ecke nach oben, gab ein Gewicht von 30,5^{gr}. Wurde der ganze Stab senkrecht aufgerichtet, so erhielt ich von dem Südpole einige Gramme mehr, als von dem Nordpol, obgleich ich durch Abwägen beide Pole, den Stab senkrecht gegen den magnetischen Meridian gelegt, gleich stark gefunden hatte. Dasselbe Resultat hat auch Kupffer erhalten und mit Recht den Grund in die Einwirkung des Erdmagnetismus gesetzt. Die Abwägungen ergaben auf dem Südpol in der Mitte der breiten Kante 41,3^{gr}, auf der Ecke 45,9^{gr}, in der Mitte der schmalen Kante 45,2^{gr} und in der Mitte der Fläche 40,5^{gr}. (Auf dem Nordpol ergab diese letzte Abwägung 38,3^{gr}.)

Nachdem ich mit dem Magnetstabe obige Messungen vorgenommen hatte, habe ich ihn von neuem magnetisirt mit Hülfe des großen Elektromagneten ¹⁾. Bei senkrech-

1) Das Magnetisiren von Stahlmagneten, seyen es größere Stäbe, Nadeln oder Hufeisen, geschieht nach meiner Meinung am bequemsten und schnellsten bis zum Maximum mit Hülfe eines starken Elektromagneten, dessen Pole nach oben gerichtet sind. Man legt auf die Pole glatt geschliffene Halbanker in einer solchen Entfernung von einander, daß die Polenden des zu magnetisirenden Stahlmagneten gerade auf die einander zugekehrten Enden der aufgelegten Halbanker gelegt werden können, magnetisirt den Elektromagneten durch einen starken galvanischen Strom und setzt den zu magnetisirenden Stahlmagneten durch einige leichte

ter Stellung wurde jetzt das Stäbchen von der Mitte durch 52^{sr} abgerissen (früher durch 40,5^{sr}). Die Abwägungen der Curve A, d. h. auf der Mittellinie der breiten Seite, wurden wiederholt und ergaben die verhältnißmäßigen Gewichte:

305 ^{mm}	0 ^{gr}	101,7 ^{mm}	20,5 ^{gr}
371,2	1,8	67,8	25
203,4	8,5	45,3	30
135,6	14	22,6	36,4
am Ende 47,6 ^{gr} .			

Noch auf einem andern Magnetstabe von 410^{mm} Länge, 13^{mm} Breite und 2^{mm} Dicke habe ich die Curve Fig. 13 Taf. I. A bestimmt aus folgenden Zahlen:

In der Entfernung von dem einen Ende um			
0 ^{mm}	19,8 ^{gr}	68,3 ^{mm}	5,6 ^{gr}
15,2	15,1	91,2	3,8
30,4	11,8	136,7	1,7
15,6	8,4	182,3	0,3
205 ^{mm} oder in der Mitte 0 ^{gr} .			

Um die Art der verschiedenen Curven besser übersehen zu können, habe ich diese letztere A in Fig. 13 Taf. I. mit der Coulomb'schen B und der Kupffer'schen C zusammen gezeichnet.

Aus dem Vorhergehenden lassen sich folgende Folgerungen ziehen:

Der Magnetismus eines geradlinigen regelmäsig magnetisirten Stahlstabes nimmt von der Mitte nach den Polen hin anfangs langsam und je näher den Polenden immer rascher zu und die Verschiedenheit der Intensitätscurven ist abhängig von der Stärke des Magnetismus und von dem Verhältniß der Längen- zur Breitenausdehnung. Auch hier gilt das oben angeführte Gesetz, daß der Magnetismus an den Kanten stärker ist als auf den Flächen. Das Ma-

Schläge in eine vibrirende Bewegung. Nach kurzer Zeit hat der Stahlmagnet so viel Magnetismus in sich aufgenommen, wie ich ihn weder durch Streichen mit einem andern Stahlmagneten, noch durch die Elias'sche Spirale ertheilen konnte.

ximum des Magnetismus ist an den Ecken der Enden und auf den schmalen Seiten stärker als auf den *breitern* ¹⁾. Die anziehende Wirkung ist um so gröfser, je mehr Punkte des Magneten auf das abziehende Eisenstäbchen wirken können und je näher diese demselben sind.

Zum Schlusse sey es mir erlaubt, einige Fälle namhaft zu machen, in denen unsere Methode, den Magnetismus zu messen, von praktischem Nutzen seyn möchte.

Will man sich bei magnetischen Untersuchungen überzeugen, ob der Magnet dieselbe Kraft behalte, so kann man dies jedesmal durch eine einzige Abwägung an einer beliebigen bestimmten Stelle erreichen.

Beim Magnetisiren von Stahlmagneten, sey es durch Streichen oder auf eine andere Weise, giebt unsere Methode ein leichtes Mittel, zu erfahren, wann der Magnetismus sein Maximum erreicht habe: Man wäge bei Stäben und Nadeln am besten vom aufgerichteten Polende, bei Hufeisen von einem an einer bestimmten Stelle aufgesetzten Eisenkonus, so lange ab, bis ein erneuertes Magnetisiren kein gröfseres Gewicht zum Abziehen gestattet als vorher.

Will Jemand bei elektromagnetischen Untersuchungen sich von der Constanz des angewandten Stromes überzeugen, ohne den Widerstand durch eine überdies oft sehr schwierig einzuschaltende Bussole zu vergrößern, so kann er dies einfach mit Hülfe unserer Wage erreichen, indem er entweder von Zeit zu Zeit an irgend einem beliebigen bestimmten Punkte des Elektromagneten (am genauesten von einem aufgesetzten kleinern Eisenkonus) die Abwägungen macht, oder, wenn nicht zu befürchten ist, dafs das Stäbchen während der Untersuchung durch Erschütterungen

- 1) Es ist natürlich, dafs dies nur bis zu einer gewissen Gränze richtig ist, d. h. dafs das Gewicht, welches zum Abreissen nöthig ist, bei immer dünner werdenden Stäben ein Maximum erreichen mufs, welches übrigens auch noch von der Gröfse und Form des abzuziehenden Eisenstäbchens abhängig ist. Für unsern Fall ergab sich aus zu einem andern Zwecke angestellten Versuchen das Maximum bei einer Dicke von 5mm.

abgerissen wird, indem er das Stäbchen an der bestimmten Stelle mit einem um ein Geringes zu leichten Gewichte haften läßt, so daß bei der geringsten Verminderung der Stromstärke dasselbe abgerissen wird.

Ueberhaupt läßt sich bei Anwendung galvanischer Ströme die Wage mit einem beliebigen kleinen eingeschalteten Elektromagneten gewissermaßen als bequemerer Galvanometer gebrauchen, wo es nöthig ist, die Stärke des Stromes zu kennen. Stellt man dann für einen bestimmten zu diesem Zwecke dienenden Elektromagneten die, verschiedenen Strömen entsprechenden, verschiedenen Abwägungen zusammen mit den denselben Strömen entsprechenden Abweichungen einer eingeschalteten Bussole oder mit den ebenfalls denselben Strömen entsprechenden verschiedenen Maassen von in bestimmter Zeiteinheit gebildetem Knallgase, so hat man in dieser Vorrichtung ein sehr bequemes und einfaches Mittel, irgend beliebige Stromstärken sehr genau zu messen und mit der auf vorbeschriebene Weise angefertigten Tabelle kann man die erhaltenen Zahlen der Abwägungen leicht in die gebräuchlicheren Bezeichnungen für die Stromstärken übersetzen.

Aachen im September 1850.

II. *Ueber den Brummkreis und das Schwingungsgesetz der kubischen Pfeifen;* *von G. Sondhaufs.*

(Schluß von S. 257.)

7. Aus den in der vorstehenden Tabelle aufgeführten Versuchen läßt sich die Abhängigkeit der Schwingungszahl sowohl von dem Volumen des Luftkörpers als auch von der GröÙe der Aufschnittsöffnung ableiten. Aus der

Vergleichung der Schwingungszahlen der Töne, welche in den einzelnen Versuchsreihen durch das Anblasen derselben Oeffnung nach der Veränderung des Luftvolumens erhalten worden sind, ergibt sich: *dafs die Schwingungszahlen im umgekehrten Verhältnisse zu den Quadratwurzeln aus dem Volumen der kubischen Pfeifen stehen.* Von der Richtigkeit dieses Gesetzes kann man sich schon dadurch überzeugen, dafs man die Schwingungsverhältnisse der Intervalle von je zwei in derselben Columne der Tabelle II. vermerkten Tönen mit den Verhältnissen der entsprechenden Luftvolumina vergleicht; doch darf man eine genaue Bestätigung des obigen Gesetzes durch jede einzelne Beobachtung nicht erwarten, da, wie schon bemerkt worden ist, der Ton der Pfeife unter sonst gleichen Umständen mit der Stärke des Luftstroms variirt, ein vollkommen gleichmäfsiges Anblasen aber, obwohl immer erstrebt, doch wohl kaum immer erreicht worden ist. Der einem gegebenen Luftvolumen entsprechende Ton ist, wenn er durch einen bestimmten Luftstrom erregt wird, selten rein, doch wird er rein durch ein etwas schwächeres oder verstärktes Anblasen, wozu der Beobachter in der Regel unwillkürlich durch das Gehör veranlafst wird. Trifft es sich nun zufällig, dafs der tiefere Ton etwas zu tief, der höhere zu hoch genommen wird, so entsteht in dem Intervalle beider Töne leicht ein Fehler von einer kleinen Sekunde und darüber.

Damit die Uebereinstimmung der Beobachtungen mit dem angegebenen Gesetze leicht beurtheilt werden könne, habe ich die folgende Tabelle IIIa und IIIb entworfen. In der ersten Columne sind die Volumina des schwingenden Luftkörpers in Kubikcentimetern angegeben. Die zweite enthält die Quadratwurzeln aus dem Verhältnisse des grössten Luftvolumens (176 Kubikcentimeter), zu den übrigen (\sqrt{Va} : \sqrt{Vb}). In der dritten Verticalspalte finden sich die mittleren Schwingungsverhältnisse der in je sechs Beobachtungsreihen durch Verkleinerung des Luftvolumens erhaltenen Intervalle. Ich habe um diese Zahlen zu erhalten, die geo-

metrische Mitte der Schwingungszahlen der Töne, welche in je sechs mit den verschiedenen Aufschnittsöffnungen angestellten Beobachtungsreihen demselben Volumen entsprechen, berechnet und alle diese mittleren Schwingungszahlen durch die erste dem Luftvolumen von 176 Kubikcentimetern entsprechende dividirt. In der vierten Spalte sind die Intervalle, welche diesen Schwingungsverhältnissen entsprechen, genannt, wobei die angehängten Vorzeichen bekanntlich ein um weniger als einen halben Ton kleineres oder größeres Intervall andeuten. Da, wie zu erwarten war, die in der zweiten und dritten Columne enthaltenen Zahlen nicht vollkommen übereinstimmen, so habe ich, um die Beurtheilung der zwischen den Resultaten der Rechnung und der Beobachtung stattfindenden Verschiedenheit zu erleichtern, die zu vergleichenden Werthe durch einander dividirt und die Quotienten in der letzten Spalte beigefügt, welche das Intervall angeben, um welches das Schwingungsverhältniß der beobachteten Töne größer oder kleiner ist, als das Verhältniß der Quadratwurzeln aus dem Volumen der Luftkörper. In dem Falle, wo das aus den Beobachtungen sich ergebende mittlere Schwingungsverhältniß kleiner war, welcher in der Tabelle III.a dreimal vorkommt, habe ich vor die Quotienten ein Minuszeichen gesetzt. Ich bemerke noch, daß die Tabelle III.a sich auf die in der Tabelle II.a aufgeführten mit quadratischer oder rectangulärer Oeffnung angestellten Versuche bezieht, und daß in der Tabelle III.b die Vergleichung der mit dem Volumen von 18,5 und 8 Kubikcentimetern angestellten Versuche weggelassen ist, weil hierbei ein Paar Versuche ausgefallen waren, wie aus der Tabelle II.b zu erschen.

Tabelle III a.

Volumen. Kubik- centim.	$\sqrt{P^a} : \sqrt{P^b}$	Mittleres Schwin- gungs-Ver- hältnifs.	Intervall desselben.	Q.
176	1,000	1,000		
155	1,065	1,070	kleine Sekunde +	1,005
134	1,146	1,201	kleine Terz —	1,048
113	1,248	1,284	große Terz +	1,029
92	1,383	1,387	übermäßige Quart —	— 1,003
71	1,574	1,557	kleine Sext —	1,011
50	1,876	1,943	Octave —	1,036
39,5	2,111	2,160	Octave und kl. Sekunde +	1,023
29	2,463	2,425	Octave und kleine Terz +	— 1,016
18,5	3,084	3,084	Octave und reine Quart +	1,000
8	4,690	4,321	zwei Oct. u. kl. Sekunde +	— 1,086

Tabelle III b.

Volumen. Kubik- centim.	$\sqrt{P^a} : \sqrt{P^b}$	Mittleres Schwin- gungs-Ver- hältnifs.	Intervall desselben.	Q.
176	1,000	1,000		
155	1,065	1,070	kleine Sekunde +	1,005
134	1,146	1,177	kleine Terz —	1,025
113	1,248	1,284	große Terz +	1,029
92	1,383	1,459	reine Quart —	1,052
71	1,574	1,634	große Sext —	1,038
50	1,876	1,962	Octave —	1,045
29	2,463	2,520	Octave und große Terz	1,023

Man ersieht aus den in der letzten Columnne angegebenen Quotienten, dass das obige Gesetz durch die Versuche hinreichend bestätigt wird, denn die Uebereinstimmung ist in den meisten Fällen sehr gut, in den übrigen betragen die durch die Quotienten angegebenen Intervalle, um welche Beobachtung und Rechnung differiren, da das Schwingungsverhältnifs der kleinen Sekunde nach der gleich schwebenden Temperatur bekanntlich 1,059 ist, mit Ausnahme eines einzigen Falles immer noch weniger als einen halben Ton. Die größte Abweichung findet sich nämlich in Tabelle III. a bei dem mit dem Luftvolumen von 8 Ku-

bikcentimetern angestellten Versuchen, erreicht jedoch auch hier, da das Schwingungsverhältniß der großen Sekunde 1,122 ist, noch lange keinen ganzen Ton. Die bei diesem Luftvolumen angestellten Versuche sind übrigens nicht so sicher als die übrigen, da die Oberfläche des allmählig in die Glaskrause gegossenen Wassers der Blechplatte und deren Oeffnung sehr nahe war, weshalb hier einerseits eine sehr große Verschiedenheit in der Gestalt des Luftkörpers entstand, andererseits das in der unmittelbaren Nähe der Oeffnung befindliche Wasser an der Vibration der Luft Theil nahm. Diese Wellenbewegung des Wassers war einigemal so stark, daß einige Tröpfchen heraus spritzten.

Ich erwähne hier noch, daß ich bei meinen früheren Versuchen ¹⁾ gefunden habe, daß die Schwingungszahl des Tons einer Flasche ebenfalls im umgekehrten Verhältnisse zu der Quadratwurzel des in ihr unterhalb des Halses befindlichen Luftvolumens steht, woraus folgt, daß die in der bauchförmigen Erweiterung enthaltene Luft in einer flaschenförmigen Pfeife ebenso schwingt, wie in einer kubischen.

8. Die Abhängigkeit der Schwingungszahlen des Tons von der Größe und Gestalt der angeblasenen Oeffnung ergibt sich aus der Vergleichung der Ton-Intervalle, welche bei gleichem Volumen des Luftkörpers durch die Veränderung der Aufschnittsoeffnung erhalten worden sind. Zunächst bemerke ich, daß die Gestalt der Oeffnung nicht ohne Einfluß auf die Tonhöhe ist, indem der Ton unter übrigens gleichen Umständen und bei gleichem Flächeninhalte der Oeffnung um so höher ist, je größer der Umfang der Oeffnung ist. Daher geben kreisförmige Oeffnungen einen etwas tieferen Ton als quadratische von gleichem Inhalt, diese einen tiefern als rechteckige oder als solche, welche die Gestalt eines regelmäßigen Dreiecks haben. Doch ist dieser Einfluß der Gestalt der Oeffnung innerhalb der Grenzen meiner Versuche so unbedeutend, daß man davon absehen kann.

1) Pogg. Ann. Bd. LXXIX., S. 29.

Das Gesetz über die Abhängigkeit der Schwingungszahl von der Oeffnung lautet: *Die Schwingungszahl einer kubischen Pfeife steht im geraden Verhältnisse zu der Biquadratwurzel aus dem Flächeninhalte der angeblasenen Oeffnung.* Die Uebereinstimmung dieses Gesetzes mit den Versuchen dürfte sich am leichtesten aus der Zusammenstellung ersehen lassen, welche ich in der Tabelle IV. versucht habe. In der ersten Columnne derselben ist die Versuchsreihe bezeichnet wie in Tabelle II.; in der zweiten habe ich die Gestalt, in der dritten die lineären Dimensionen (Seiten oder Durchmesser), in der vierten den Flächeninhalt der Oeffnung angegeben. Die fünfte Columnne enthält die Biquadratwurzeln aus dem Verhältniß der Oeffnungen ($\sqrt[4]{s_n:s_1}$) und zwar sind in den beiden Gruppen der Versuchsreihen No. 1 bis No. 6 und No. 7 bis No. 12 die folgenden Oeffnungen zu den kleinsten in No. 1 und No. 7 ins Verhältniß gesetzt. In der sechsten Verticalspalte ist das mittlere Schwingungsverhältniß der Intervalle angegeben, welche die in den Versuchsreihen No. 2 bis No. 6 und No. 8 bis No. 12 beobachteten Töne mit den Tönen bilden, welche in No. 1 und No. 7 bei gleichen Luftvolumen ansprachen. Diese Zahlen sind berechnet worden, indem aus den Schwingungsverhältnissen der einzelnen Intervalle die geometrische Mitte genommen wurde. Ich bemerke hierbei, daß bei dieser Bestimmung in den Versuchsreihen von No. 7 bis No. 12 die mit dem Volumen von 18,5 und 8 Kubikcentimetern angestellten Versuche außer Betracht gelassen worden sind, weil in ihnen einige Beobachtungen ausgefallen waren. Die in der letzten Columnne enthaltenen Zahlen sind wieder die Quotienten der zu vergleichenden Werthe in der fünften und sechsten Columnne und geben das Intervall an, um welches das Resultat der Rechnung von der Beobachtung abweicht.

Tabelle IV.

Versuchsreihe. No.	Gestalt der Öffnung.	Seiten oder Durchmesser mm.	Flächeninhalt □ mm.	$\sqrt[4]{s_d \cdot s_t}$	Mittleres Schwingungsver- hältnis.	Intervall desselben.	Q.
1	Quadrat	$a = 8,5$	72,25	1,000	1,000	kleine Septime +	1,079
2	Quadrat	$a = 24$	576,00	1,680	1,801	große Sekunde +	1,029
3	Rechteck	$\begin{cases} a = 13 \\ b = 8,6 \end{cases}$	111,80	1,115	1,146		
4	Rechteck.	$\begin{cases} a = 18 \\ b = 8,6 \end{cases}$	154,80	1,182	1,214	kleine Terz +	1,027
5	Rechteck	$\begin{cases} a = 24 \\ b = 8,6 \end{cases}$	206,40	1,300	1,340	reine Quart +	1,032
6	Rechteck	$\begin{cases} a = 24 \\ b = 16 \end{cases}$	384,00	1,518	1,554	kleine Sext —	1,024
7	Kreis	$d = 7$	38,48	1,000	1,000	große Sekunde +	1,008
8	Kreis	$d = 9,2$	66,48	1,146	1,155	reine Quart —	1,005
9	Kreis	$d = 12$	113,10	1,309	1,316	reine Quint +	1,031
10	Kreis	$d = 15$	174,70	1,464	1,509	kleine Septime —	1,103
11	Kreis	$d = 18$	254,50	1,604	1,769		1,116
12	Kreis	$d = 23,6$	437,40	1,836	2,044	Octave +	

Das durch die Vergrößerung der Aufschnittsöffnung erhaltene Intervall ist, wie die in der letzten Columnne enthaltenen Quotienten zeigen, überall etwas größer, als das nach dem angegebenen Gesetze aus der Fläche der Oeffnungen berechneten Schwingungsverhältniß angiebt, und zwar ist die Abweichung um so größer, je verschiedener die angeblasenen Oeffnungen in Beziehung auf ihre Größe sind. Es kommt dieß wahrscheinlich daher, daß eine und dieselbe Pfeife, wenn ihre Oeffnung bedeutend vergrößert wird, nur durch einen stärkeren Luftstrom zum Ansprechen gebracht werden kann, wodurch der Ton offenbar etwas höher wird. Bei den mit den größten kreisförmigen Oeffnungen angestellten Versuchsreihen (No. 11 und 12) ist überdieß die Differenz am größten, weil solche Oeffnungen überhaupt schwieriger anzublasen sind als rechteckige und quadratische. Bei diesen beiden Versuchsreihen beträgt die Abweichung beinahe einen ganzen Ton, bei No. 2 ein wenig mehr als einen halben Ton, bei allen übrigen bedeutend weniger als einen halben Ton. Bei No. 8 und No. 9 ist die Uebereinstimmung vollkommen, wie sie sich auch ergeben hätte, wenn ich die Versuchsreihen No. 3, 4, 5 und 6 unter einander hätte vergleichen wollen.

9. Die Schwingungszahl des Tons einer kubischen Pfeife und des Brummkreisels steht also nach dem Vorangehenden *im geraden Verhältnisse zu der Biquadratwurzel aus der Fläche der angeblasenen Oeffnung und im umgekehrten Verhältnisse zu der Quadrat-Wurzel aus dem Volumen des vibrierenden Luftkörpers*. Dieses Gesetz wird durch die Formel

$$n = \frac{C\sqrt[4]{s}}{\sqrt{V}}$$

ausgedrückt, in welcher n die Schwingungszahl, s den Flächeninhalt der Oeffnung, V das innere Volumen der Pfeife oder des Brummkreisels und C eine Constante bezeichnet, deren mittlerer Werth ist

$$C = 104800.$$

Mit Hülfe dieser Constanten kann man nach der angegebenen Formel die Schwingungszahl des Tons einer kubischen Pfeife oder eines Brummkreisels aus den Dimensionen des Apparats *a priori* durch Rechnung bestimmen.

Ich habe diese Rechnung für eine Anzahl von solchen Apparaten, bei welchen Gröfse und Gestalt des innern Raumes sowie der anzublasenden Oeffnung sehr verschiedenen waren, ausgeführt, um die Anwendbarkeit der Formel zu prüfen, und stelle die Resultate der Uebersichtlichkeit wegen in einer Tabelle zusammen. In der ersten Columne findet sich die Nummer des Versuchs, in der zweiten habe ich die Gestalt der Pfeife bezeichnet und in der dritten, um eine genauere Vorstellung von der Gestalt möglich zu machen, ihre linearen Dimensionen in Millimetern angegeben; die vierte Columne enthält das Volumen des eingeschlossenen Luftkörpers in Kubikcentimetern, welches mit Wasser ausgemessen worden ist; in der fünften Columne ist die Gestalt der Oeffnung angegeben, deren lineare Dimensionen, nämlich die Seiten a , b oder der Durchmesser d in der sechsten, und deren Flächeninhalt in der siebenten enthalten sind. Die achte Columne enthält den beim Anblasen erhaltenen Ton, die neunte dessen Schwingungszahl. Die in der zehnten angegebenen Zahlen (n) sind die nach der obigen Formel aus den Dimensionen der Pfeifen berechneten Werthe der Schwingungszahlen. In der letzten Columne habe ich, wie in den vorangehenden Tabellen, die Quotienten der zu vergleichenden Werthe beigefügt.

Zur näheren Bezeichnung der in der Tabelle V. aufgeführten Versuche mufs ich noch Einiges über die dabei gebrauchten Apparate anführen. No. 1 bis No. 6 sind die schon in Tabelle I. unter denselben Nummern aufgeführten Brummkreisel, von welchen die ersten drei aus Holz, die übrigen aus Metallblech construiert sind. In dem Versuche No. 7 habe ich ein an einer Seite offenes kubisches Gefäfs von starkem Messingblech (einen Biot'schen Würfel) angewandt, über dessen offene Seite ich eine Blechplatte

kittete, in welche die anzublasende Oeffnung eingeschnitten war. Der Ton dieses Apparats änderte sich nicht sehr merklich, wenn jene Oeffnung statt in der Mitte der Blechplatte unmittelbar an einer Kante des Würfels angebracht war. Der in No. 8 gebrauchte Apparat ist eine Porcellankrause mit einer aufgekitteten kreisförmigen Blechplatte, in deren Mitte die dreiseitige Oeffnung eingeschnitten ist. In den mit *b*, *c*, *d* bezeichneten Versuchen war die Krause zum Theil mit Wasser gefüllt. Der in No. 9 gebrauchte Blechkegel, dessen Seitenlinie in der Tabelle mit *l* und Diameter der Grundfläche mit *d* bezeichnet sind, enthielt die anzublasende Oeffnung in der Mitte der Grundfläche. In No. 9*b* und 9*c* war dieser Kegel zum Theil mit Wasser gefüllt. In dem Versuche No. 10 wandte ich einen aus Eisenblech construirten achtkantigen geraden Pyramidenstumpf an, dessen Grundkanten in der Tabelle mit *a* und α und dessen Seitenkanten mit *l* bezeichnet sind. Die Oeffnung, durch welche diese pyramidale Pfeife angeblasen wurde, war in der größeren Grundfläche unmittelbar an einer Grundkante angebracht. Der letzte Versuch No. 11 ist mit einem großen cylindrischen Ballon aus Messingblech angestellt, in dessen cylindrischer Hülle die rectanguläre Oeffnung ungefähr in der Mitte der Höhe angebracht war. Dieser Ballon tönte auch, wenn er mittelst eines Fadens an die Axe einer Schwungmaschine gegangen und durch dieselbe in Rotation versetzt wurde. Sein Ton war wegen des unzuweckmäßigen Verhältnisses der Aufschnittsoeffnung sehr schwach.

Tabelle V.

No.	Gestalt der Pfeife.	Lineare Dimensionen mm.	Volumen-Kubikcentim.	Gestalt der Öffnung.	Dimension derselben.	Flächeninhalt.	Der beobachtete Ton.	Schwingungszahl.	n.	Q.
1	Kugel	$d = 65$	76	Quadrat	$a = 15$	225,0	e''	1290	1469	1,139
2	Kugel	$d = 93$	285	Kreis	$d = 23$	415,5	gis'	813	884	1,088
3	Kugel	$d = 161$	1438	Kreis	$d = 22$	380,1	e	322	385	1,194
4	Kugel	$d = 45$	47	Kreis	$d = 7,3$	41,8	e''	1218	1221	1,003
5	Kugel	$d = 46$	50	Quadrat	$a = 10,5$	110,2	gis''	1625	1515	— 1,073
6	Doppelkegel	$\begin{cases} d = 169 \\ \text{Axe} = 109 \end{cases}$	1252	Kreis	$d = 17,5$	240,5	g	383	368	— 1,042
7a	WWürfel	$a = 78$	474	Rechteck	$\begin{cases} a = 26,5 \\ b = 7 \end{cases}$	185,5	d'	575	554	— 1,026
7b	„	„	„	Rechteck	$\begin{cases} a = 27 \\ b = 13 \end{cases}$	351,0	e'	645	657	1,018
8a	gerader Cylinder	$\begin{cases} d = 58 \\ h = 74 \end{cases}$	162	gleichseitiges Dreieck	$a = 18,2$	140,3	h'	966	899	— 1,074
8b	„	—	120	„	„	„	cis''	1084	1045	— 1,038
8c	„	—	78	„	„	„	f''	1367	1296	— 1,055
8d	„	—	36	„	„	„	cis'''	2170	1907	— 1,138
9a	gerader Kegel	$\begin{cases} d = 89 \\ l = 108 \end{cases}$	130	Rechteck.	$\begin{cases} a = 27 \\ b = 7,5 \end{cases}$	202,5	d''	1149	1094	— 1,051
9b	gerader Kegelstumpf	—	88	„	„	„	f''	1367	1330	— 1,028
9c	„	—	46	„	„	„	h''	1933	1837	— 1,052
10	achtkantiger gerader Pyramidenstumpf	$\begin{cases} a = 32 \\ \alpha = 10 \\ l = 82 \end{cases}$	164	Rechteck	$\begin{cases} a = 27 \\ b = 13 \end{cases}$	351,0	cis''	1085	1117	1,030
11	Cylinder mit abgerundeten Grundkanten	$\begin{cases} d = 200 \\ h = 320 \end{cases}$	9040	Rechteck	$\begin{cases} a = 26 \\ b = 17,5 \end{cases}$	455,0	F	171	161	— 1,062

Die Vergleichung der in der zehnten Columnne enthaltenen, aus den Dimensionen der Apparate berechneten Schwingungszahlen mit den Schwingungszahlen der beobachteten Töne zeigt, daß die Resultate der Rechnung mehrere mal nicht unbeträchtlich von denen der Beobachtung abweichen. In den meisten Fällen ist der beobachtete Ton etwas höher als die nach der obigen Formel berechneten Schwingungszahlen angeben. Die Abweichungen mögen zum Theil ihren Grund in dem nicht gleichmäßigen Anblasen der Apparate haben, da, wie schon bemerkt worden ist, die kubischen Pfeifen in Folge von verschiedenem Anblasen mehrere Töne angeben. Unter diesen befindet sich immer auch derjenige, welcher genau der berechneten Schwingungszahl entspricht, weshalb ich eine vollkommene Uebereinstimmung hätte erzielen können, wenn ich unter den bei jeder einzelnen Pfeife ansprechenden Tönen gerade den brauchbaren hätte auswählen wollen. Ich habe aber den in der Tabelle notirten Ton, um mich nicht selbst zu täuschen, immer vor der Rechnung bestimmt. Es haben aber sicher noch andere Umstände mitgewirkt, um jene Abweichungen zu veranlassen; ich erinnere nur an den Einfluß, welchen die Dicke der Wände den Pfeifen, so wie das Material, woraus sie angefertigt ist, auf die Höhe des Tons ausüben. Die bedeutende Differenz, welche bei den drei ersten, mit den hölzernen Brummkreiseln angestellten Versuchen sich vorfindet und welche in No. 1 etwas mehr als eine große Sekunde, in No. 2 nicht ganz eine große Sekunde, in No. 3 eine kleine Terz beträgt, rührt von der bei den hölzernen Brummkreiseln nicht in Rechnung gezogenen Dicke der Wandung her, indem außer dem in der Hohlkugel enthaltenen Luftvolumen noch die in der prismatischen oder cylindrischen Seitenöffnung enthaltene Luftsäule mitschwingt. Zu beachten ist hierbei noch, daß in No. 1 die Abweichung größer ist als in No. 2, weil bei fast gleicher Dicke der Holzwandung (7 und 8 Millm.) die Oeffnung in No. 2 beinahe doppelt so groß ist und deshalb auf die Vertiefung des Tons einen nicht so großen

Einfluss ausübt; in No. 3 ist die Wand noch dicker (13 Millm.), und deshalb der beobachtete Ton noch mehr von demjenigen verschieden, den ein eben solcher Apparat mit verschwindender Wanddicke geben würde. In den übrigen Versuchen, mit Ausnahme von No. 8d, wo die Abweichung einen ganzen Ton beträgt, stimmen Beobachtung und Rechnung doch noch so gut überein, daß das durch die Quotienten angegebene Intervall der Abweichung nur dreimal (No. 5, No. 8a und No. 11) etwas mehr als einen halben Ton beträgt. In dem Versuche No. 8d scheint die Gestalt der dreieckigen Oeffnung bei dem kleinen Luftvolumen von überwiegendem Einflusse gewesen zu seyn.

10. Die Resultate meiner Versuche stimmen mit den von F. Savart aufgestellten Sätzen überein. Die beiden von demselben gefundenen Gesetze, nämlich: 1) daß die Schwingungszahlen bei Pfeifen von ähnlicher Gestalt im umgekehrten Verhältnisse zu den linearen Dimensionen derselben stehen und 2) daß die Schwingungszahlen solcher Pfeifen, welche sich durch zu einer Seitenwand parallel gelegte Schnitte in unendlich dünne einander gleiche und auf dieselbe Weise in Vibration versetzte Lamellen zerlegen lassen, sich umgekehrt wie die Quadratwurzeln aus diesen vibrirenden Flächen verhalten, sind in dem von mir gefundenen allgemeineren Gesetze enthalten, weshalb die dasselbe ausdrückende Formel vielleicht der von Savart gewünschte allgemeine Ausdruck ist, nach welchem sich die Schwingungszahlen der Pfeifen *a priori* bestimmen lassen. Die Formel

$$n = \frac{c\sqrt{s}}{\sqrt{V}}$$

läßt sich nämlich leicht so umgestalten, daß sie die Gesetze Savart's ausdrückt. Es reicht zu der Aehnlichkeit der Pfeifen, wie schon Savart bemerkt hat, nicht hin, daß bloß der innere Raum derselben ähnlich ist, sondern es muß auch die Oeffnung, durch welche der innere Luftkörper in Vibration versetzt wird, ähnlich seyn. Savart

sagt darüber ¹⁾: „Nimmt man Pfeifen von beliebiger Gestalt, aber ähnlich und mit ähnlichem Aufschnitt versehen (*semblables et semblablement embouchés*), so findet man, daß die Schwingungszahlen sich umgekehrt verhalten, wie ihre homologen Dimensionen. Nehmen wir zwei Würfel, deren Kanten sich wie 2:1 verhalten, so geben sie zwei Töne, die eine Octave bilden. Lassen wir zwei Kugeln ansprechen, an welchen die Aufschnitte dieselbe Anzahl von Graden einnehmen müssen (*sur lesquelles les embouchures devront comprendre le même nombre de degrés*), so geben sie auch eine Octave an, wenn der Durchmesser der einen doppelt so groß ist als der der andern“. Wenn nun sowohl die Körper als die Oeffnungen der Pfeifen ähnlich sind, so verhält sich ihr inneres Volumen wie der Cubus und ihre Aufschnittsöffnung wie das Quadrat einer homologen linearen Dimension. Setzt man daher in der Formel

$$n = \frac{c\sqrt[4]{s}}{\sqrt[4]{V}}$$

$V = a^3 q$ und $s = a^2 p$, so ergibt sich, wenn man p und q

zur Constante zieht, also $\frac{c\sqrt[4]{p}}{\sqrt[4]{p}} = C'$ setzt:

$$n = \frac{C'}{a},$$

wonach die Schwingungszahlen ähnlicher Pfeifen im umgekehrten Verhältnisse zu der homologen Dimension a z. B. zu dem Radius der Kugel oder der Kante des Würfels stehen.

Eben so leicht läßt sich das zweite Gesetz von Savart aus derselben Formel ableiten. Ich nehme der Deutlichkeit wegen an, daß der innere Raum der Pfeife ein rechtwinkliches Parallelepipedum sey, dessen Kanten a , b , c sind; so ist das Volumen des Luftkörpers $V = abc$. Der Aufschnitt sey rectangulär und zwar in der einen Seitenfläche (bc) angebracht, so daß die eine Seite des ausgeschnittenen Rechtecks gleich und parallel der Kante c , die

1) *L'Institut Bd. VII. No. 299 p. 239.*

andere ein bestimmter Theil derselben Kante $= pc$ ist. Der Flächeninhalt des Aufschnitts ist daher $s = pc^2$. Setzt man für V und s diese Werthe in die Formel

$$n = \frac{C\sqrt{s}}{\sqrt[4]{V}}$$

so ergibt sich, wenn man $C\sqrt[4]{p} = C''$ setzt,

$$n = \frac{C''}{\sqrt[4]{ab}},$$

wonach die Schwingungszahl von der Länge der Kante c oder von der Breite der Pfeife unabhängig ist und sich umgekehrt verhält wie Quadratwurzel aus dem auf der Kante c senkrechten Schnitte der Pfeife. Zu beachten ist jedoch, daß die Größe von c nicht ganz ohne Einfluß auf die Höhe des Tons der Pfeife ist, da die Breite des Aufschnitts in demselben Verhältniß wie c abnehmen muß, wenn der Ton derselbe bleiben soll.

Während ich in dieser Uebereinstimmung mit dem von F. Savart schon Gefundenen eine erfreuliche Bestätigung meines allgemeineren Gesetzes fand, schien ein von Lis-kovius angestellter Versuch ¹⁾ demselben direct zu widersprechen. Derselbe verengte nämlich den Bauch einer Flasche dadurch, daß er Holzstäbchen von entsprechender Länge in dieselbe einsenkte. Hierdurch wurde der Ton schwächer aber nicht höher. Er sagt: „War der Bauch bis etwa zu einem Drittel der Breite davon angefüllt, so sprach die Pfeife gar nicht mehr an. Die Tonhöhe aber wurde durch diese Verengung nicht verändert“. Diese Verengung des innern Raumes der Flasche hätte nach dem, wie ich früher gefunden, auch für flaschenförmige Pfeifen gültigen Gesetze über die Abhängigkeit der Schwingungszahl von dem Volumen, schon eine bedeutende Tonerhöhung herbeiführen müssen, wenn nicht die leichten Holzstäbchen und die zwischen denselben befindliche Luft an der Vibration Theil genommen hätten. Ich habe, um meine durch den erwähnten Versuch entstandenen Bedenken zu

1) Pogg. Ann. Bd. XXX., S. 482.

beseitigen, ein ähnliches Experiment jedoch unter meinem Zwecke gemäß abgeänderten Umständen angestellt. Ich brauchte hierzu keine Flasche, weil der Ton derselben nicht bloß von dem in ihrem Bauche enthaltenen Luftvolumen, sondern auch von der Weite und Länge des Halses abhängt und ein solcher Apparat überdies weniger leicht anspricht, als eine kubische Pfeife, sondern wählte die cylindrische Glaskrause, welche ich zu den in Tabelle II. aufgeführten Versuche benutzt hatte. Der Apparat war noch mit der Blechplatte versehen, in welcher die große kreisförmige Oeffnung eingeschnitten war, welche zu der Versuchsreihe No. 12 in Tabelle II. gedient hat. Ich zerschnitt einige runde Siegellackstangen von ungefähr 15 bis 17 Mllm. Dicke in, der Höhe der Krause entsprechende, ungefähr 70 Mllm. lange Stücke und senkte dieselben durch die Oeffnung der Blechplatte in die Krause. Die auf diese Weise mit Siegellackstäben, deren sieben Platz hatten, gefüllte kubische Pfeife sprach, wenn auch nicht leicht, doch noch deutlich und kräftig an, und gab einen Ton, welcher zwischen g'' und gis'' lag, während ihr ganzes Luftvolumen vor dem Einsenken der Stäbe d'' gegeben hatte. Hierdurch ist eine entschiedene und zwar bedeutende Erhöhung des Tons durch die Verengung des Volumens der Pfeife mittelst eingesenkter fester Körper nachgewiesen. Ebenso war der Ton nach dem Einsenken der einzelnen Stäbe allmählig höher geworden, da die Pfeife mit 4 Stäben f'' und mit 6 Stäben g'' gegeben hatte. Ich füllte nun, um das Volumen der zwischen den Siegellackstäben noch vorhandenen Luft zu messen, die Krause mittelst einer graduirten Röhre mit Wasser und fand, daß sich in derselben noch 92,7 Kubikcentimeter Luft befunden hatten. Berechnet man die Schwingungszahl für eine kubische Pfeife, deren innerer Raum $V = 92,7$ Kubikcentimeter und deren Aufschnitt $s = 437,4$ Quadrat-Mllm. beträgt, nach der obigen Formel, so findet man

$$n = 1570.$$

Diese Schwingungszahl gehört einem Ton an, welcher zwischen g'' und gis'' liegt. In der 12. Versuchsreihe der

Tabelle II. hatte ein Luftvolumen von 92 Kubikcentimeter mit demselben Aufschnitt a gegeben. Ich war durch dieses Resultat überrascht; denn wenn ich auch eine Erhöhung des Tons der Pfeife durch das Einsenken von Stäben sicher erwartet hatte, so hoffte ich doch keineswegs, daß bei einer so bedeutenden Gestaltsveränderung und Vertheilung des vibrirenden Luftkörpers jene Formel auch nur annähernd noch Gültigkeit haben würde. Uebrigens ist die Uebereinstimmung auch bei diesem Versuche wahrscheinlich nur deswegen so groß, weil ein starker Luftstrom erforderlich war, um die mit Stäben gefüllte Pfeife noch zum Ansprechen zu bringen, wodurch sicher der Ton etwas in die Höhe getrieben worden ist.

Es dürfte nach dem Vorangehenden feststehen, daß die Höhe des Tons einer kubischen Pfeife bei gleichem Aufschnitt vorzugsweise von dem Volumen des in ihr enthaltenen Luftkörpers abhängt, und daß die Gestalt desselben nur einen sehr untergeordneten Einfluß ausübt. Die oben in §. 5 angeführte Ansicht Savarts über die Wellenbildung in einer Pfeife dürfte hiernach nicht mehr zulässig erscheinen, da nach derselben die Gestalt der Pfeife einen wesentlichen und sehr bedeutenden Einfluß auf die Tonhöhe haben müßte. Ich stelle mir die Wellenbewegung in einer kubischen Pfeife auf folgende Weise vor. Die durch das Anblasen des Aufschnitts erzeugte Verdichtung der Luft pflanzt sich von demselben in allen Richtungen nach den Wänden der Pfeife hin und kehrt von demselben zurückgeworfen nach der Oeffnung zurück, wobei an den Wänden eine momentane Luft-Verdünnung (das Wellenthal) entsteht. Da die inneren Wände aber in ihren einzelnen Punkten sehr verschiedene Entfernung von dem Aufsnitte haben, so würde nicht nur Verdichtung an den einzelnen Stellen der Wände in verschiedener Zeit eintreten, sondern auch in verschiedenen Zeitmomenten nach der Oeffnung zurückkehren und durch diese auf die äußere Luft wirken; es würde also keine regelmäßige Oscillation der Luft an dem Aufsnitte entstehen und als Ton fort-

gepflanzt werden, wenn nicht, vielleicht zum Theil in Folge der gegenseitigen Adhäsion der einzelnen Lufttheilchen, derjenige Theil der Welle, welcher einen längern Weg zurückzulegen hat, sich mit größerer Geschwindigkeit bewege, so zwar, daß die von dem Aufsnitt ausgehende ursprünglich sphärische Welle, bei ihrer Annäherung an die entgegenstehende innere Wandung, derselben immer ähnlicher wird und bei ihrer Rückkehr nach dem Aufsnitte allmählig wieder die sphärische Gestalt annimmt.

Die Anzahl der in einer Sekunde erfolgenden Oscillationen muß hierbei von der von der Welle zurückzulegenden mittleren Weglänge oder von der mittleren Entfernung des Aufsnitts von der inneren Wandung der kubischen Pfeife abhängen, woraus folgt, daß sowohl die Gestalt der Pfeife, als auch die Stellung des Aufsnittes von Einfluß auf die Höhe des Tons seyn muß. Aus meinen Versuchen ergibt sich jedoch, daß derselbe für kubische Pfeifen von verschiedener Gestalt innerhalb ziemlich weiter Gränzen nicht bedeutend ist.

Der Ton einer kubischen Pfeife ändert sich, wie schon F. Savart bemerkt hat, durch verschiedenes Anblasen viel bedeutender als der Ton einer cylindrischen oder prismatischen Pfeife, in welcher die Längendimension vorherrscht. Ich vermuthete, daß dies daher kommt, daß in jener bei verschiedener Erregung durch den äußern Luftstrom die Geschwindigkeit der einzelnen Theile der nach und von der Wandung sich bewegenden Welle sich in verschiedener Weise ausgleicht und dadurch eine andere mittlere Geschwindigkeit entsteht. So entsteht vielleicht der oben erwähnte zunächst bei ganz schwachem Anblasen ansprechende, gewöhnlich etwa eine kleine Sekunde höhere Ton dadurch, daß die Theile des Luftkörpers, welche von der angeblasenen Oeffnung die größte Entfernung haben, nicht vollen Antheil an der Oscillation nehmen, indem die Welle, in Folge der überwiegenden Wirkung der näheren Theile der Wandung, schon wieder nach dem Aufsnitte zurück-

kehrt, bevor sie an den entfernten Stellen derselben vollständig angelangt ist.

Es bietet sich noch die Frage dar, wie der Einfluss zu erklären sey, welchen die Gröfse der Oeffnung, durch welche der Luftkörper der Pfeife angeblasen wird, auf die Höhe des Tones ausübt. Ich gestehe, dafs ich hierüber noch zu keiner bestimmten Ansicht gelangt bin und deute daher nur einen Umstand an, welcher mir hierbei von Einfluss zu seyn scheint. Wenn die Luftwelle in der Pfeife abwechselnd sich von und nach der Oeffnung, durch welche die innere Luft mit der äufsern communicirt, bewegt, so mufs wegen der an der Oeffnung abwechselnd entstehenden Verdünnung und Verdichtung bei jeder Oscillation ein bestimmtes Quantum Luft von ausen in die Pfeife dringen und wieder heraustreten, wozu bei kleinerer Oeffnung eine gröfsere Zeit erforderlich ist. Es würde also die Verkleinerung der Oeffnung unter sonst gleichen Umständen eine Verringerung der Schwingungsgeschwindigkeit, mithin auch eine Vertiefung des Tons der Pfeife herbeiführen müssen, welches, wie die Erfahrung lehrt, wirklich stattfindet. In welcher Weise die Gröfse und Gestalt der Oeffnung auf die Gestalt und Geschwindigkeit der Luftwelle diesen Einfluss übt, wird noch der Gegenstand einer analytischen Untersuchung seyn müssen, durch welche, wie ich hoffe, die von mir auf experimentellem Wege gefundenen Gesetze ihre Bestätigung finden werden.

11. Es bleibt noch der interessante Fall zu untersuchen übrig, wo die kubische Pfeife oder der Brummkreis mit mehr als einer Oeffnung versehen ist. Die kubischen Pfeifen tönen nämlich auch sehr gut, wenn man aufser der Oeffnung, durch welche sie angeblasen werden, noch eine zweite Oeffnung oder auch noch mehrere Oeffnungen in die verschiedenen Seitenwände bohrt, und zwar wird der Ton um so höher, je gröfser die Anzahl und das Lumen dieser Oeffnungen ist. Dasselbe findet auch bei flaschenförmigen Pfeifen statt, über welche wir in dieser Be-

ziehung Liskovius einen Versuch verdanken. Derselbe¹⁾ bestimmte nämlich den Ton einer in ihrer Mitte kugelförmig aufgeblasenen Glasröhre einmal, wenn das nicht angeblasene Ende der Röhre gedeckt, das anderemal, wenn beide Mündungen offen waren, und fand es auffallend, daß die Deckung nicht wie bei cylindrischen oder prismatischen Röhren eine Tonvertiefung von einer Octave, sondern nur von einer reinen Quinte oder einer kleinen Sexte herbeiführte.

Ich stellte, um den Einfluß von zwei in einer kubischen Pfeife angebrachten Oeffnungen auf die Tonhöhe zu finden, folgenden Versuch an. Von einem etwa 42 Mllm. weiten Lampencylinder wurde ein 52 Mllm. langes Stück abgeschnitten, auf dessen beiden offenen Seiten zwei Blechplatten gekittet wurden, in welche ich gleichgroße kreisförmige Oeffnungen eingeschnitten hatte. Ihr Durchmesser betrug 8,3 Mllm. Wurde die eine Oeffnung gedeckt und die andere angeblasen, so gab der Apparat den Ton *c''*, waren beide Oeffnungen offen, so sprach *fis''* an, wobei es in beiden Fällen gleichgültig war, an welcher Seite der Apparat angeblasen wurde. Die zweite Oeffnung der Pfeife veranlaßt also eine Tonerhöhung von einer verminderten Quinte.

Die Erklärung dieser Erscheinung finde ich in der Annahme, daß sich, wenn beide Oeffnungen offen sind, in der Mitte der Pfeife eine Knotenfläche bildet, so daß das Luftvolumen, welches bei einer Oeffnung ungetheilt vibrirte, jetzt, in zwei gleiche Theile getheilt, nach den entgegengesetzten Oeffnungen schwingt. Es bildet sich demnach jetzt nicht mehr bloß an den inneren Wänden, sondern auch in der Mitte des innern Raumes der Pfeife abwechselnd eine Verdichtung und Verdünnung. Jeder dieser beiden Theile des in der Pfeife enthaltenen Luftkörpers schwingt ganz in derselben Weise wie in einer nur mit einer Oeffnung von gleicher Größe versehenen Pfeife, deren innerer Raum aber nur halb so groß ist. Da die Schwingungs-

1) Pogg. Ann. Bd. 58, S. 102.

zahlen nach dem Vorangehenden sich umgekehrt wie die Quadratwurzeln aus dem Volumen verhalten, so muß das Schwingungsverhältniß der beiden oben erhaltenen Töne c' und fs' gleich $\sqrt{2}$ oder 1,414 seyn, welches in der That der verminderten Quinte angehört. Dasselbe Resultat wurde durch einen zweiten Versuch, welcher zugleich zeigt, daß die beiden Oeffnungen nicht einander gegenüber stehen müssen, erhalten. In dem großen cylindrischen Messingsballon, mit welchem der 11. Versuch der Tabelle V. angestellt worden ist, wurde eine zweite gleich große rechteckige Oeffnung eingeschnitten. Die erste war in der Hülle des Cylinders, die zweite in der Mitte einer Grundfläche angebracht, so daß sie sich also nicht an den entgegengesetzten Seiten der Pfeife befanden. Wurde die eine Oeffnung zugehalten, so sprach F an, waren beide Oeffnungen offen, so gab der Apparat den um die verminderte Quinte höhern Ton, nämlich H an.

In einem dritten Versuch, der mit dem in No. 7 der Tabelle V. angewandten Würfel angestellt wurde, waren die beiden Oeffnungen einander noch näher gerückt. Sie waren nämlich beide in derselben Seitenfläche des Würfels eingeschnitten und zwar die eine ganz nahe der einen Kante des Würfels, die andere etwas über die Mitte der Seitenfläche nach der entgegengesetzten Seite gerückt. Beide Oeffnungen waren Rechtecke, in welchen die eine Seite 26 Mllm., die andere 75 Mllm. lang war. Diese Oeffnungen waren überdies einander parallel und 37 Mllm. von einander entfernt. Der Apparat gab, wenn die eine Oeffnung gedeckt war, es' an; wurde auch die andere Oeffnung geöffnet, so ging der Ton in a' über.

Hier entsteht also gleichfalls eine Knotenfläche im Innern der Pfeife, welche aber wegen der Lage der Oeffnungen schief durch den Cylinder oder den Würfel geht und den Luftkörper nur in zwei dem Volumen nach gleiche aber nicht congruente Theile theilt. Hieraus folgt, daß die den beiden Oeffnungen entsprechenden Wellen nur

gleiche mittlere Geschwindigkeit, nicht aber gleiche Gestalt haben müssen.

Sind in einer kubischen Pfeife drei oder vier gleich große Oeffnungen vorhanden, so theilt sich der Luftkörper in eben so viele gleiche Theile, welche alle mit derselben Schwingungsgeschwindigkeit um die ihnen entsprechende Oeffnung oscilliren. Gelingt eine solche Eintheilung des Luftkörpers wegen der Lage der Oeffnungen nicht, so spricht die Pfeife nicht an. Da jeder einzelne der schwingenden Theile des Luftkörpers denselben Ton erzeugt, welchen eine nur mit einer solchen Oeffnung versehene kubische Pfeife angiebt, deren Volumen der so vielte Theil der ganzen Pfeife ist, als Oeffnungen vorhanden sind, so kann man die Schwingungszahl leicht finden, indem man entweder in der Formel

$$n = \frac{c\sqrt[4]{s}}{\sqrt[4]{V}}$$

für V den dritten oder vierten Theil von V setzt oder die Schwingungszahl des Tons, welchen die Pfeife so lange nur eine Oeffnung offen ist, angiebt, mit $\sqrt[4]{3}$ oder $\sqrt[4]{4}$ multiplicirt. Deckt man alle Oeffnungen einer solchen Pfeife bis auf eine, durch welche man dieselbe anbläst, und nennt den dabei ausprechenden Ton den Grundton, so müssen, wenn man successive die übrigen Oeffnungen öffnet, die dadurch erhaltenen Töne mit dem Grundtone Intervalle bilden, deren Schwingungsverhältniß durch die Quadratwurzeln der auf einander folgenden Zahlen $\sqrt[4]{2}$, $\sqrt[4]{3}$, $\sqrt[4]{4}$ ausgedrückt werden. Dieß wird durch die Erfahrung vollständig bestätigt. Der in der Tabelle I. unter No. 7 aufgeführte messingne Brummkreisell war mit vier gleich großen kreisförmigen Oeffnungen versehen. Der Grundton war b' . Wurden zwei beliebige Oeffnungen offen gelassen, so sprach der um eine verminderte Quinte höhere Ton e'' an. Bei drei offenen Oeffnungen gab die Pfeife einen zwischen g'' und as'' liegenden Ton an, welcher von dem Grundtone nicht ganz um eine kleine Septime entfernt ist,

ist, wie auch der Werth von $\sqrt[3]{3}$ nämlich 1,732 erwarten läßt, während das Schwingungsverhältniß der kleinen Septime 1,782 ist. Waren alle vier Oeffnungen offen, so sprach b'' die Octave des Grundtons an, deren Schwingungsverhältniß durch $\sqrt[3]{4}$ oder 2 angegeben wird.

Ein zweiter Versuch wurde mit einem aus Weisblech construirten Würfel, dessen Kanten 80 Mllm. lang waren, angestellt. In der Mitte von jeder der sechs Seitenflächen war eine Oeffnung angebracht. Die Oeffnung, durch welche der Apparat angeblasen wurde, war ein Rechteck mit den Seiten $a=25$ Mllm., $b=6$ Mllm.; die übrigen waren Kreise, deren Durchmesser 14 bis 15 Mllm. betrugen. Der Flächeninhalt der sechs Oeffnungen war demnach beinahe gleich. Wenn während des Anblasens 4, 5 oder 6 Oeffnungen offen waren, so sprachen bei gewöhnlichem Anblasen schon Flageolettöne an, während die Töne, bei welchen der innere Luftpörper in respective 4, 5 oder 6 Theile getheilt war, nur durch sehr vorsichtiges schwaches Anblasen erregt werden konnten. Es wurde daher der Gleichmäßigkeit wegen der Apparat auch bei Erregung der tieferen Töne schwach angeblasen. Der Apparat gab, wenn eine Oeffnung offen war h , bei zwei Oeffnungen f' , bei drei Oeffnungen as' , bei vier Oeffnungen k' an. Das Oeffnen der fünften und sechsten Oeffnung hatte nur einen geringen Einfluß auf die Erhöhung des Tons, da hierbei $k'+$ und c'' ansprachen, wofür man hätte $c''+$ und $dis''+$ erwarten sollen. Es findet also, wenn 5 oder 6 Oeffnungen in einer kubischen Pfeife angebracht sind, entweder keine gleichmäßige Eintheilung des Luftpörpers in 5 oder 6 gleiche Theile statt oder das schwache Blasen ist die Ursache von der Vertiefung des Tons.

12. Wenn die in einer kubischen Pfeife angebrachten Oeffnungen nicht gleich groß sind, bilden sich Knotenflächen, welche jedoch den Luftpörper in, dem Volumen nach, ungleiche Theile theilen, und zwar in der Weise, daß jeder derselben um so kleiner ist, einer je kleineren Oeffnung er entspricht. Die einzelnen Theile eines durch Kno-

tenpunkte oder Knotenlinien oder auch Knotenflächen getheilt schwingenden Körpers müssen nämlich, wenn ein Ton zu Stande kommen soll, immer dieselbe Anzahl von Schwingungen in der Sekunde machen. Man kann sich dieses Gesetz durch ein Paar hübsche Experimente verdeutlichen, wenn man auf das Monochord eine nicht homogene z. B. eine nur zum Theil mit Metalldraht überspannene Saite spannt und die Knotenpunkte aufsucht oder die Klangfiguren Chladni's auf Platten erzeugt, welche an verschiedenen Stellen ungleiche Dicke haben oder auf welche man kleine Bleiplatten an einzelne Stellen kittet. Wenn nun auch in einer kubischen Pfeife die durch die Bildung der Knotenflächen entstandenen einzelnen Theile des Luftkörpers dieselbe Anzahl von Schwingungen in der Sekunde vollenden müssen, und wenn jeder einzelne derselben für sich nach den Gesetzen schwingt, welche oben für eine kubische Pfeife mit einer Oeffnung gefunden worden sind, so muß, damit die Formel

$$n = \frac{c\sqrt{s}}{\sqrt{V}}$$

für n immer denselben Werth giebt, das Verhältniß von $\sqrt{s} : \sqrt{V}$ für alle Oeffnungen und die nach ihnen vibrirenden Theile des Luftkörpers ein constantes seyn. Hieraus ergeben sich eben so viele einfache Gleichungen als Oeffnungen vorhanden sind, durch deren Auflösung man das Volumen der einzelnen Theile des Luftkörpers findet. Die für einen dieser Theile berechnete Schwingungszahl ist zugleich die der ganzen Pfeife. Sind z. B. vier ungleich große Oeffnungen an der kubischen Pfeife vorhanden, deren Flächeninhalt ich mit a^2 , b^2 , c^2 , d^2 , bezeichne, und bedeuten A , B , C , D die entsprechenden einzelnen Theile des Luftkörpers, dessen Volumen V ist, so ergibt sich:

$$A = \frac{aV}{a+b+c+d}; \quad B = \frac{bV}{a+b+c+d}; \quad C = \frac{cV}{a+b+c+d};$$

$$D = \frac{dV}{a+b+c+d}$$

und die Schwingungszahl der Pfeife ist, wenn alle Oeffnungen offen sind:

$$n = C \sqrt{\frac{a+b+c+d}{V}}.$$

Von practischem Nutzen scheint mir hier nur die Betrachtung des Falles zu seyn, in welchem die Pfeife mit zwei ungleich grossen Oeffnungen versehen ist. Sind diese einander ähnlich, z. B. kreisförmig oder ähnliche Rechtecke, und auf den entgegengesetzten Seiten eines Würfels oder in den Grundflächen eines geraden Prisma oder eines Cylinders angebracht, so ist die das innere Volumen theilende Knotenfläche zu den Flächen, in welchen die Oeffnungen eingeschnitten sind, parallel, und ihre Abstände von denselben verhalten sich wie die Durchmesser der kreisförmigen oder wie die homologen Seiten der rectangulären Oeffnungen. Verhalten sich z. B. die Durchmesser der Oeffnungen wie 1:2, so ist die Knotenfläche um das erste Drittel der ganzen Höhe der Pfeife von der kleinern Oeffnung entfernt, so dafs um diese nur ein Drittheil des ganzen Volumens schwingt, also ein höherer Ton entsteht. Deckt man die andere gröfsere Oeffnung, so giebt die Pfeife einen Ton an, bei welchem das ganze innere Luftvolumen ungetheilt schwingt, woraus folgt, dafs die Schwingungszahl beider Töne sich wie $\sqrt{3}:1$ verhalten müssen. Dieses Schwingungsverhältnifs (nämlich 1,732) ist etwas kleiner als das der kleinen Septime, das bekanntlich 1,782 ist. Ein solches Intervall mufs also zwischen den beiden Tönen liegen, welche man durch Anblasen der kleinen Oeffnung erhält, wenn die andere ein Mal gedeckt, das andere Mal offen ist.

Bläst man dagegen die gröfsere Oeffnung an, während die kleinere gedeckt wird, so erhält man einen der Gröfse der Oeffnung entsprechenden höheren Grundton, der durch die Vibration des ungetheilten Luftkörpers entsteht; ist auch die andere Oeffnung offen, so spricht derselbe höhere Ton wie vorhin, an. Da bei demselben in Beziehung auf die

größere Oeffnung zwei Drittheil des ganzen Luftkörpers vibriren, so verhalten sich die Schwingungszahlen dieser beiden Töne wie $\sqrt[3]{3}:\sqrt[3]{2}$ oder 1,224. Diesem Schwingungsverhältniſſe entspricht ein Intervall, welches etwas kleiner als eine groſſe Terz ist.

Ein hierauf bezüglichlicher Versuch überzeugte mich von der Richtigkeit dieser Auffassung. An einen an beiden Seiten offenen Glascyylinder von 42 Mllm. Höhe und 31 Mllm. Weite wurden Blechplatten gekittet, in welchen kreisförmige Oeffnungen mit den Durchmessern von 5 Mllm. und 12. Mllm. eingeschnitten waren. Durch die kleinere Oeffnung angeblasen, gab der Apparat bei Deckung der andern Oeffnung f'' an, wurde die zweite Oeffnung angeblasen und die kleinere gedeckt, so sprach h'' an; waren beide Oeffnungen offen, so war der Ton es''' , an welcher der beiden Oeffnungen er auch erregt wurde. Die Töne f'' und es''' bilden eine kleine Septime, h'' und es''' oder dis''' eine groſſe Terz.

In Beziehung auf den oben erwähnten von Liskovius mit einer flaschenförmigen Pfeife, welche zwei Hälse hatte, angestellten Versuch, bemerke ich noch, daſs der Luftkörper in einer solchen Pfeife auf ähnliche Weise wie in einer mit zwei Oeffnungen versehenen kubischen Pfeife durch eine Knotenfläche in zwei gleiche Theile getheilt wird, von welchen jeder für sich in Beziehung auf den einen der Hälse vibriert. Sind diese beiden Hälse einander gleich, d. h. haben sie gleiche Länge und Weite oder haben ihre Querschnitte zu ihrer Länge dasselbe Verhältniſs, so halbiert die Knotenfläche den in der bauchförmigen Erweiterung der Pfeife enthaltenen Raum. Sind die Hälse ungleich, so rückt die Knotenfläche näher an denjenigen, welcher enger und länger ist, so zwar, daſs die beiden Theile des in dem Bauch enthaltenen Luftkörpers sich verhalten wie die Quotienten aus dem Querschnitt und der Länge der ihnen entsprechenden Hälse. Hieraus folgt, daſs durch Anwendung der von mir für flaschenförmige Pfeifen mit einer Oeffnung gefundenen Formel

$$n = C \sqrt{\frac{s}{VL}}$$

man die Schwingungszahl einer zweihälsigen Pfeife berechnen kann, wenn man für V den aliquoten Theil setzt, welcher in Beziehung auf den Hals vibriert, dessen Länge mit L und dessen Querschnitt mit S bezeichnet ist. Sind die Hälse einander gleich, so ist

$$n = C \sqrt{\frac{2s}{VL}}$$

Der Ton einer solchen Pfeife, welcher, wenn beide Hälse offen sind, anspricht, wird aber um mehr als eine verminderte Quinte höher seyn, als der, welchen man durch Deckung der einen Mündung erhält, weil in diesem Falle nicht bloß das in der bauchförmigen Erweiterung erhaltene Luftvolumen, sondern auch die in dem gedeckten Halse enthaltene Luft in Beziehung auf den andern offenen Hals vibriert, wodurch eine größere Vertiefung des Tons entsteht, als dem Volumenverhältnisse 1:2 entspricht. In dem von Liskovius angestellten Versuche hatten die Hälse gleiche Länge, aber nicht gleiche Weite, weshalb von den beiden tieferen Tönen, welche bei Deckung der einen Mündung ansprachen, der eine um eine reine Quinte, der andere um eine kleine Sexte tiefer war als der Ton, welchen der Apparat angab, wenn beide Hälse offen waren.

III. Ueber Siedepunkts-Regelmäßigkeiten und H. Schröders neueste Siedepunktstheorie; von Hermann Kopp.

§. 1. Es existiren, wie jetzt wohl allgemein zugegeben wird, Siedepunkts-Regelmäßigkeiten, in der Art, daß bei chemisch analogen Substanzen sehr häufig derselben Zusammensetzungs-Differenz dieselbe Siedepunkts-Differenz, der n fachen Zusammensetzungs-Differenz die n fache Siedepunkts-Differenz entspricht.

Es giebt Reihen von Substanzen der organischen Chemie, wo die Glieder innerhalb jeder Reihe durch besonders große Analogie in den chemischen Eigenschaften, den Bildungs- und den Zersetzungs-Erscheinungen ausgezeichnet sind. Die Glieder Einer solchen Reihe — homologe Substanzen, wie Gerhardt sie nannte — haben das Charakteristische, daß sie sich in ihrer Zusammensetzung um $x C_2 H_2$ unterscheiden¹). Der bestimmteste Nachweis von Siedepunkts-Regelmäßigkeiten wurde dadurch gegeben, daß für homologe Substanzen eine Proportionalität der Siedepunkts-Differenz und der Zusammensetzungs-Differenz dargelegt wurde.

Substanzen mit Formeln, welche nicht um $C_2 H_2$ oder ein Vielfaches davon differiren, sind unbedingt nicht homolog; Substanzen, deren Formeln sich um $C_2 H_2$ oder $x C_2 H_2$ unterscheiden, sind aber nicht unbedingt homolog, weil dieselbe Formel verschiedenen Verbindungen von verschieden chemischem Charakter zukommen kann. Die Zusammensetzung $C_{2n} H_{2n} O_4$ haben die mit der Essigsäure homologen Säuren wie die Aether dieser Säuren; die Formel $C_{2n} H_{2n+2} O_2$ haben die Alkohole wie der Aether (wenn man die Formel des letzteren 4 Volume Dampf ausdrücken läßt); Aldehyd ($C_4 H_4 O_2$) und Aceton ($C_6 H_6 O_2$) sind,

1) Die Formeln beziehen sich auf die Aequivalentgewichte $H : C : O = 1 : 6 : 8$.

obwohl um C_2H_2 in der Zusammensetzung differirend, wegen ihres verschiedenen chemischen Charakters doch nicht homolog u. s. f.

§. 2. Das Statthaben der erwähnten Siedepunkts-Regelmäßigkeit innerhalb Einer Reihe homologer Substanzen zeigt an, daß in ihr dem Elementencomplex C_2H_2 ein constanter Einfluß auf den Siedepunkt zukommt (ich lasse hier ganz unerörtert, ob in verschiedenen Reihen homologer Substanzen dieser Einfluß von C_2H_2 gleich groß sey oder nicht), und daß das, was sonst noch in der Verbindung auf den Siedepunkt Einfluß hat, innerhalb Einer Reihe homologer Substanzen einen constanten Einfluß ausübt.

Schröder hat schon früher vorgeschlagen, den Siedepunkt einer Verbindung $C_aH_bO_c$ (wo die Formel so geschrieben ist, daß sie eine Condensation auf 4 Volume im Dampfzustand ausdrückt) als gegeben zu betrachten durch

$$S + ac + bh + co$$

wo S eine Constante, c , h und o den Einfluß Eines Atoms C , H oder O auf den Siedepunkt bedeuten. Eine noch so große Zahl von Gliedern Einer Reihe homologer Verbindungen giebt nicht die Werthe der vier Unbekannten S , c , h und o , sondern immer nur den Einfluß von C_2H_2 , und den Gesamteinfluß von S und den Elementencomplex, welcher von der Formel einer der Verbindungen nach möglichst oft wiederholtem Abzug von C_2H_2 übrig bleibt. Also bei der Benutzung der Glieder Einer Reihe homologer Verbindungen kommt man nicht zu der Bestimmung von S , c , h und o ; man hat in Wahrheit immer nur zwei Bedingungsgleichungen, wenn der Einfluß von C_2H_2 als ein constanter angenommen wird.

§. 3. Versucht man, die vier Unbekannten S , c , h und o in der Art zu bestimmen, daß man die Siedepunkte von Verbindungen aus verschiedenen Reihen homologer Körper vergleicht, so zeigt sich Folgendes: Da dieselbe Formel verschiedenen Verbindungen mit verschiedenem Siede-

punkt angehören kann, $C_4H_4O_4$ z. B. dem Ameisenholz-äther mit etwa 33° und der Essigsäure mit etwa 118° Siedepunkt, so muß man annehmen, von den vier Unbekannten S, c, h, o müsse mindestens Eine in verschiedenen Reihen homologer Verbindungen verschieden seyn können. Welche, ist vollkommen ungewiß, ebenso, ob dieß nicht für mehr als Eine der Unbekannten anzunehmen sey. Bei den eben genannten Körpern mit der gemeinschaftlichen Formel $C_4H_4O_4$ kann man z. B. annehmen, der verschiedene Siedepunkt rühre davon her, daß für dieselben S , oder c , oder o , oder beide verschieden seyen, wobei erst noch vorausgesetzt wird, der Einfluß von C_4H_4 sey in beiden Verbindungen derselbe. Das nun sieht man leicht ein: möglichst viele Unbekannte erhält man in der Art, daß man annimmt, in jeder Reihe homologer Verbindungen könne der Werth von c, h oder o verschieden seyn, oder gar, wo mehrere Atome desselben Elements in einer Verbindung sich finden, könne jedes derselben einen besondern und von dem der andern verschiedenen Einfluß auf den Siedepunkt ausüben. Betrachtet man in den verschiedenen Reihen homologer Körper die Constante S als unveränderlich, den Einfluß jedes Elements (c, h oder o) als veränderlich in verschiedenen Reihen, als constant in derselben Reihe, so hat man stets, bei dem Combiniren von Substanzen zur Bestimmung von S und der Einflüsse der Elemente, mehr Unbekannte als Bedingungsgleichungen, und kann die Aufgabe nicht lösen. Selbst dann kann man dieß nicht, wenn man nur Einem Element in den verschiedenen Reihen homologer Körper verschiedenen Einfluß auf den Siedepunkt zuschreiben wollte.

§. 4. Möglichst wenig Unbekannte ergeben sich bei der Annahme, der Einfluß von C, H oder O (c, h, o) sey in jeder Verbindung derselbe; das Einzige, was in verschiedenen Reihen homologer Verbindungen verschieden seyn könne, sey der Werth von S , so daß dieser nur für die Glieder Einer Reihe als gleich groß zu setzen wäre. Auch bei dieser Annahme kann man die Werthe von S in den verschiedenen Reihen und die Werthe von $c, h,$

und o nicht bestimmen. Wie schon oben (§. 2) bemerkt wurde, ergeben alle in Eine Reihe gehörigen Substanzen nur den Einfluss von C_2H_2 einerseits, und andererseits den Gesamteinfluss von S und den Elementencomplex, welcher nach möglichst oft wiederholter Subtraction von C_2H_2 von der Formel einer der Verbindungen übrig bleibt. So zahlreich auch die Glieder Einer Reihe seyn mögen, geben sie doch immer nur zwei Bedingungs-Gleichungen von der angeführten Bedeutung. Zieht man nun Verbindungen von x verschiedenen Reihen in Betrachtung, so hat man x Unbekannte für die Constanten in diesen verschiedenen Reihen, und als weitere Unbekannte c , h und o , also $x+3$ Unbekannte; man hat $2x$ Bedingungs-Gleichungen, wovon aber x identisch sind, nämlich die den Einfluss von C_2H_2 (also $2c+2h$) gebenden, da ja der Werth von c wie der von h in allen Verbindungen als gleich groß vorausgesetzt wird. Also hat man nur $x+1$ Bedingungs-Gleichungen bei $x+3$ Unbekannten, und die Aufgabe ist unbestimmt, die Ermittlung der Unbekannten unmöglich.

§. 5. Wenn man wüßte, ob in verschiedenen Reihen homologer Verbindungen der Werth der Constante S gleich groß sey, und in welchen, so wäre die Bestimmung der Constante S und des Einflusses von 1 At. C, H oder O auf den Siedepunkt leicht. Aber dieß zu erfahren, haben wir gar keinen sicheren Anhaltspunkt.

Daraus, daß bei Vergleichung von Substanzen aus verschiedenen Reihen sich für dieselbe Zusammensetzungs-Differenz dieselbe Siedepunkts-Differenz ergibt, kann man nicht darauf schließen, in beiden Reihen habe die Constante S denselben Werth. Denn wenn die Formel von homologen Verbindungen Einer Reihe von den Formeln homologer Verbindungen einer anderen Reihe abgezogen werden, so daß sich gleiche Zusammensetzungs-Differenzen ergeben, so müssen diesen (sofern die Einflüsse der Elemente auf den Siedepunkt constant sind) dieselben Siedepunkts-Differenzen entsprechen, obwohl in den verschiedenen Reihen die Constante S verschieden groß anzunehmen ist. So zeigen die Aether $C_{2n}H_{2n}O_4$ verglichen mit

den Säuren $C_{2n}H_{2n}O_4$ für gleiche Zusammensetzungs-Differenz annähernd gleiche Siedepunkts-Differenz, obgleich S in beiden verschieden anzunehmen ist; so die Alkohole $C_{2n}H_{2n+2}O_2$ verglichen mit den Säuren $C_{2n}H_{2n}O_4$. Gleiche Siedepunkts-Differenz bei gleicher Zusammensetzungs-Differenz kann sich aber auch selbst dann zeigen, wenn die verglichenen Substanzen sämmtlich verschiedenen Reihen angehören; Alkohol ($C_4H_8O_2$) und Essigsäure ($C_4H_8O_4$), Aether ($C_4H_{10}O_2$) und Essigäther ($C_4H_8O_4$) zeigen bei gleicher Zusammensetzungs-Differenz gleiche Siedepunkts-Differenz, obgleich der chemische Charakter diese vier Körper in vier verschiedene Reihen verweist, in deren jeder die Constante S einen anderen Werth haben kann. Diese Regelmässigkeit weist in der That nur darauf hin, dafs die Differenz der Constanten S bei Alkohol und Aether eben so grofs ist, als die Differenz der Constanten S bei Essigsäure und Essigäther. Dafs die Constante S bei dem Alkohol so grofs sey als bei der Essigsäure, und bei dem Aether so grofs als bei dem Essigäther, geht daraus so wenig hervor als die Gleichheit von A und C und von B und D aus $A - B = C - D$.

§. 6. Man hat indefs mehrfach versucht, doch den Werth von c , h und o , den Einflufs des Kohlenstoffs, Wasserstoffs und Sauerstoffs auf den Siedepunkt, zu ermitteln. Diefs geschah, unbewusst oder bewusst, unter der unsichern und gewagten Voraussetzung, dafs in den verglichenen Substanzen S gleich grofs angenommen werden könne. Das Unsichere und Gewagte in der Annahme zeigt sich sehr klar darin, dafs bei Vergleichung verschiedener Verbindungen der Einflufs von C , H oder O sehr verschieden gefunden wird. Die verschiedenen Forscher, welche sich mit der Lösung dieses bis jetzt unlösbaren Problems, der Bestimmung der Unbekannten in einer unbestimmten Aufgabe, beschäftigten, sind auch zu sehr verschiedenen Resultaten gekommen ¹⁾.

1) Die literarischen Nachweise für folgende Zusammenstellung vergl. in L. Gmelin's Handb. d. Chem. 4. Aufl., IV., 51 ff.

Die Erhöhung des Siedepunkts, welche durch das Zutreten von 2C hervorgebracht werde, fand z. B. Gerhardt = 35 bis 35°,5; Schröder früher = 31°, jetzt eine noch kleinere Zahl. Löwig nahm gar dafür 76°,8 an.

Die Siedepunktveränderung, welche dem Zutritt von 2O entspreche, fand Schröder früher = + 29°,5, und er nahm an, in einigen Verbindungen möge dieser Einfluss das zwei- oder vierfache seyn. Löwig nahm für diesen Einfluss bald + 56, bald - 16,8 an; L. Gmelin meinte, er sey + 25, oder + 50, oder + 100°.

Die Siedepunktveränderung, welche einem Mehrgehalte an 2H entspreche, fand Schröder früher = - 3°, dann = - 10°, jetzt wieder anders; Gerhardt = - 15°. Löwig nahm dafür - 58°,4 an.

Es ist leicht, zu diesen widersprechenden Resultaten noch einige hinzuzufügen, durch Vergleichung von Substanzen aus verschiedenen Reihen. Die Vergleichung von Aceton und essigsäuren Methyloxyd giebt den Einfluss von 2O = 0, von Aceton und Metacetonsäure etwa + 83°, von Aldehyd und Essigsäure + 97°. Die Vergleichung von Aceton und Weingeist ergiebt für 2C einen Einfluss von - 22°; die von Aldehyd und Weingeist für 2H einen von + 57°.

Dafs bei Vergleichen sich für dieselbe Zusammensetzungs-Differenz in zahlreichen Fällen nahe dieselbe Siedepunkts-Differenz ergeben kann, ist nach dem in §. 5 Besprochenen klar; dafs aber aus solchen Uebereinstimmungen für den Einfluss eines Elementes ein einigermaßen sicherer Werth sich nicht ableiten läfst, ist eben so gewifs, ungeachtet Schröder 1845 (Diese Ann. LXIV. 387) glaubte, die von ihm damals angenommenen Werthe + 31 für 2C und - 10 für 2H könnten nicht auf $\frac{1}{3}$ Grad fehlerhaft seyn.

§. 7. Schröder hat jetzt (Diese Ann. LXXIX. 34) den Versuch wieder aufgenommen, die unbestimmte Aufgabe zu lösen, den Einfluss des Kohlenstoffs, Wasserstoffs und Sauerstoffs auf den Siedepunkt zu ermitteln.

Er glaubt (S. 37), in den verschiedenen Gruppen che-

mischer Verbindungen könne der Einfluss eines und desselben Elements verschieden groß seyn, und er sucht dies namentlich (S. 45) für O_2 als möglich, und (S. 57 ff.) für den Elementencomplex C_2H_2 als gewiss darzuthun. Bei der Aufsuchung der Normalwerthe für die Einflüsse der Elemente wird aber von ihm für sehr verschiedene Reihen chemischer Verbindungen factisch die Voraussetzung gemacht, in ihnen übe dasselbe Element denselben Einfluss aus. Bei dieser Aufsuchung wird auch factisch die Voraussetzung gemacht, die Constante S sey in sehr verschiedenen Verbindungsreihen gleich groß, obgleich später dieselbe, selbst für sehr ähnliche Verbindungsreihen (die Aethyl- und Methylätherarten von der Formel C_2H_5O , z. B.; S. 72), ungleich angenommen wird. Es ist dies hervorzuheben, weil sich nicht wohl einsehen lässt, wie unter als unrichtig betrachteten Voraussetzungen doch brauchbare Resultate erhalten werden können. Das gilt nicht nur für diesen Fall, sondern für die neuen Resultate Schröder's gilt in der Regel, dass sie wunderbar gefunden sind, nämlich unter Voraussetzungen, die Schröder selbst, in derselben Arbeit, als wesentlich unrichtig betrachtet, und deren Unrichtigkeit er mit derselben Energie zu beweisen sucht, wie die Richtigkeit der mit ihrer Hülfe gefundenen Resultate. Schröder scheint nämlich jetzt fast der Ansicht zu seyn, unrichtige Voraussetzungen, wenn nur in gehörig großer Auswahl aber sonst ohne compensirende Auswahl begangen, heben sich unter einander auf. Er spricht dies allerdings nicht geradezu aus, allein dass das Princip seiner Rechnungen kein anderes ist, wird sich aus dem Folgenden klar ergeben.

§. 8. Ein anderes Princip ist hingegen vollkommen anzuerkennen; nämlich dass in einem solchen Fall wie der vorliegende diejenige Auflösung der unbestimmten Aufgabe die meiste Wahrscheinlichkeit für sich habe, welche mit den wenigsten Annahmen die Siedepunkte der meisten Reihen von Verbindungen erklärt. Schröder betrachtet in seinen meisten Rechnungen und in den als Endresultaten

gegebenen Formeln den Einfluss der Elemente (c , h und o) als unveränderlich, und er spricht (S. 64) aus, der Werth der Constanten S sey so anzunehmen, daß er für die meisten Verbindungsreihen derselbe sey. Allein er hat nicht nachgewiesen, daß seine Annahmen für c , h , o und S dieß wirklich thun. Aus §. 4 ergibt sich leicht, daß in mindestens drei Reihen homologer Substanzen S gleich groß gesetzt werden muß, um die Aufgabe zu einer bestimmten zu machen, und bei einer in der oben von uns angedeuteten Weise ausgeführten Rechnung müßte S also für drei Reihen denselben Werth erhalten, und dann würde die Wahrscheinlichkeit einer brauchbaren Lösung sich ergeben durch die Zahl von weiteren Reihen homologer Verbindungen, deren Siedepunkte unter Annahme dieses Werthes von S und der für c , h und o gefundenen sich mit den Beobachtungen genügend übereinstimmend berechnen. Unter den von Schröder für die Siedepunkte verschiedener Gruppen von Verbindungen als Endresultate gegebenen Formeln sind nur zwei, in welchen der von ihm für die Constante S angenommene Normalwerth sich findet, und dieselbe Constante findet man überhaupt höchstens in den Formeln für zwei Gruppen von Körpern angewandt. Schröder stellt allerdings in eine solche Gruppe häufig verschiedene Reihen homologer Verbindungen zusammen (vergl. §. 10), aber die Siedepunkte von diesen werden keineswegs durch die für die Gruppe aufgestellte Formel erklärt, da man das nicht eine Erklärung nennen kann, wenn die Theorie erlaubt, daß die Beobachtungen von den Berechnungen abweichen um

„ $\pm 7^{\circ},2$; $\pm 14^{\circ},4$; $\pm 21^{\circ},6$; $\pm 28^{\circ},8$ u. s. w.“

Ausdrücklich muß indess hier noch auf Folgendes aufmerksam gemacht werden. Das Princip, diejenigen Annahmen für S , c , h und o seyen die wahrscheinlichsten, mit welchen die Siedepunkte der meisten Verbindungsreihen sich erklären lassen, darf nicht so aufgefaßt werden, daß diejenigen Annahmen am wahrscheinlichsten seyen, mit welchen sich die Siedepunkte der meisten Verbindungen erklären lassen.

Wie viele Glieder von bekanntem Siedepunkt eine Reihe zählt, ist für diese Betrachtung vollkommen gleichgültig, da eine Annahme — sie sey mehr oder minder wahrscheinlich — sobald sie den Siedepunkt zweier Glieder einer solchen Reihe erklärt, die der andern, viel oder wenig, nothwendig auch erklären muß.

§. 9. Schröder benutzt zur Ermittlung der Normal-einflüsse von Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff Kohlenwasserstoffe und Aetherarten, Säuren und Alkohole, welche aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehen.

Er benutzt von den Kohlenwasserstoffen und Aetherarten nicht alle bekannten Verbindungen dieser Art, sondern nur solche, deren Siedepunkte bis auf einen gewissen Grad mit seinen früheren Ansichten über die Siedepunktsabhängigkeiten ein Einklang stehen, wonach der Einfluß von $2C = +31^\circ$, von $2H = -10^\circ$, von $2O = 29^\circ,5$ seyn sollte, und von der Summe der Einflüsse dieser Elemente, so viel von ihnen in einer Verbindung enthalten ist, 69 abzuziehen wäre, um den Siedepunkt zu erhalten. „Um die Extreme principiell auszuschließen“ werden diejenigen Verbindungen nicht berücksichtigt, deren beobachtete Siedepunkte um mehr als 30° von den so berechneten abweichen. Das Resultat dieser Willkühr kann nur seyn, daß für den Einfluß von $2C$, $2H$, $2O$ Werthe gefunden werden, welche von den obigen nicht sehr viel verschieden sind, denn das, was größere Verschiedenheiten hervorbringen könnte, ist principiell ausgeschlossen. Würde die, von Schröder ganz willkürlich angenommene, Gränze des principiell Ausschließenden zu weniger als 30° festgesetzt, so würden die zu findenden Werthe von den obigen weniger abweichen; im Gegentheil mehr. Offenbar sind die mittelst eines solchen Verfahrens sich ergebenden Werthe ebenso willkürlich berechnete, als die Gränze für die principielle Ausschließung der Extreme willkürlich angenommen ist.

Unter den Säuren sind in entsprechender Weise diejenigen ausgeschlossen, welche eine größere Störung in die zu erzielenden Resultate bringen könnten.

§. 10. Die Kohlenwasserstoffe, welche Schröder benutzt, sind der verschiedensten Art. Es sind mehrere darunter, die mit Bestimmtheit verschiedenen Reihen homologer Substanzen angehören; es sind viele darunter, über deren Stellung zu einer bestimmten Reihe Nichts bekannt ist. Es wird hierauf keine Rücksicht genommen.

Als in Eine Gruppe, Aetherarten, gehörig betrachtet Schröder gleichfalls verschiedenartige Substanzen, wie denn z. B. der Schwefeläther mit den Aetherarten organischer Säuren keinerlei Analogie hat. Die Gruppe umfasst Aether von Säuren verschiedener Reihen; Aether, deren Formeln 4, 6 oder 8 At. Sauerstoff enthalten; Aether, wo bei der Bildung von 1 Aequ. (4 Vol. Dampf) des einen 1 Aequ. Alkohol, bei der Bildung von 1 Aequ. des andern 2 Aequ. Alkohol mitwirken. Diese verschiedenen Arten von Aether werden für vergleichbar gehalten, behufs der Aufsuchung von Mittelwerthen für die normalen Einflüsse der Elemente. Nach der Aufsuchung derselben kommt Schröder zu dem Schluss, die Aetherarten sondern sich auch nach den Siedepunkts-Regelmäßigkeiten in Gruppen. Aber diese Gruppen theilen sich darnach, ob die Aether Methyl-, Aethyl- oder Amyläther sind; zwischen diesen drei Klassen sey zu unterscheiden, in sofern für sie die Constante S verschieden groß anzunehmen sey.

Die von ihm benutzten Säuren gehören gleichfalls verschiedenen Reihen an.

§. 11. Es erscheint, und namentlich nach dem von Schröder selbst in dieser Beziehung Gezeigten, nicht zulässig, alle Glieder dieser Verbindungsgruppen, wie sie Schröder zusammengestellt hat, für vergleichbar zu halten. Es ergeben sich bei der Vergleichung derselben für dieselbe Zusammensetzungs-Differenz allzu auffallend ungleiche Siedepunkts-Differenzen. Derselbe Erfolg tritt auch theilweise dadurch ein, daß Schröder irrige und widersprechende Beobachtungen benutzt, nämlich alle ihm bekannte, welche von dem Rechnungsergebnis seiner frühern Formel nicht um mehr als 30° abweichen (vergl. §. 9).

Aus diesen ungleichen Siedepunkts-Differenzen glaubt Schröder durch Aufsuchen des arithmetischen Mittels gültige Werthe erhalten zu können. Er spricht es geradezu aus (S. 40), das von dem gesunden Menschen-Verstand an die Hand gegebene Princip — aus wenigen sehr gut übereinstimmenden Beobachtungen ergebe sich ein sichrerer Mittelwerth, als aus vielen weniger gut übereinstimmenden — bewähre sich bei der Eigenthümlichkeit der hier vorliegenden Untersuchung nicht. Die Principien des gesunden Menschen-Verstandes brauchen sich indeß eigentlich nicht an bestimmten Untersuchungen zu bewähren, sondern die letztern sollten den erstern nicht widersprechen.

§. 12. Der Widerspruch beruht hier auf einem Mißbrauch mit Mittelzahlen. So gewiß es ist, daß aus *zufällig* verschieden gefundenen, gleiches Vertrauen verdienenden, Werthen, für *dieselbe* GröÙe der wahrscheinlichste Werth durch das arithmetische Mittel gegeben ist, so gewiß ist auch, daß man für die Bestimmung einer GröÙe höchstwahrscheinlich zu einem ganz unrichtigen Resultat kommt, wenn man die gefundenen Werthe für diese GröÙe mit denen für andere *wesentlich verschiedene* GröÙsen zusammenstellt und daraus das Mittel nimmt. Mit höchster Wahrscheinlichkeit wird man auf letztere Art einen Mittelwerth erhalten, welcher keiner der zusammengestellten, *wesentlich* verschiedenen GröÙsen zukommt.

Schröder, welcher selbst in so analogen Verbindungen, wie die entsprechenden Methyl-, Aethyl- und Amyl-ätherarten, die Constante *S* als verschieden groß betrachtet (S. 72 f.), welcher die Einflüsse der Elemente selbst für veränderlich hält (vergl. §. 7), glaubt brauchbare mittlere Werthe für diese Einflüsse finden zu können, indem er die von ihm theilweise ausdrücklich als *wesentlich* anerkannte Veränderlichkeit derselben vernachlässigt; er erwartet (S. 40), daß durch den ausschließlichen Vergleich der Kohlenwasserstoffe und Aetherarten unter einander, so oft nur eine hinreichende Anzahl (wie groß ist diese?) von Relationen sich ergebe, ein durchschnittlicher oder mittlerer Einfluß

der

der Elemente gefunden werden könne, indem sich die Schwankungen auf und ab in allen möglichen Combinationen mehr oder weniger compensiren werden. Es ist aber das letztere in keiner Weise zu erwarten. Es ist zufällig wie viele Verbindungen Einer Art (z. B. für welche S gleich groß angenommen werden könnte) Siedepunkts-Angaben vorliegen. Wo es hiernach auch rein zufällig ist, wie viel Verbindungen von Einer Art zu Vergleichen benutzt werden, ist eine solche Compensation unendlich unwahrscheinlich. Eine einzige neu hinzukommende Beobachtung, welche Schröder selbst als zur Benutzung tauchlich erkennen müßte, kann das Endresultat einer seiner Rechnungen sammt den Folgerungen stürzen. Das ergibt sich daraus, daß das Berücksichtigen oder Nichtberücksichtigen Einer (von Schröder selbst als zur Vergleichung zulässig betrachteten) Verbindung einen in der Erwartung von mehr oder weniger Compensation gesuchten Mittelwerth so verschieden ausfallen läßt, daß alle Deduction von vermeintlichen Regelmäßigkeiten aus denselben unmöglich wird (Vergl. §. 17 und 18).

Aus Schröder's Untersuchung geht nicht mit Bestimmtheit hervor, ob er unter dem „mittleren Einfluß“ des Kohlenstoffs z. B. eine Größe verstehe, welche den Einfluß des Kohlenstoffs in einzelnen Verbindungen wirklich ausdrückt, oder eine mittlere Zahl zwischen mehreren solchen Größen für verschiedene Verbindungsgruppen. Es läßt sich indess wohl nur das erstere annehmen. Schröder will nämlich beweisen, die Siedepunkts-Einflüsse der Elemente (eines Doppelatoms derselben) seyen stets Multipla von $7^{\circ},2$. Es müßten also auch $2C$ in verschiedenen Verbindungsgruppen Einflüsse ausüben, ausgedrückt durch Zahlen, welche Multipla von $7,2$ wären. Wenn aber für das Mittel aus solchen Zahlen (oder überhaupt eine zwischen ihnen liegende Zahl) gezeigt würde, daß es ein Multiplum von $7,2$ ist, so wäre es natürlich sehr unwahrscheinlich, daß jene Zahlen selbst Multipla von $7,2$ sind, da Schröder doch zu glauben scheint, die Einflüsse des Kohlenstoffs in

verschiedenen Verbindungen differiren nicht viel von einander (diese Ann. LXVII., 47 sagt er: dieser Einfluss sey ein nahe constanter; diese Ann. LXXIX., 39: dieser Einfluss sey in den Aetherarten und Kohlenwasserstoffen durchschnittlich nahe als gleich anzunehmen). Ferner wäre selbst mit dem Nachweis der vermeintlichen Gesetzmäßigkeit für solche Mittelzahlen noch kein Beweis gegeben für die Zahlen, welche die Einflüsse der Elemente in einzelnen Verbindungen ausdrücken, und letztere Einflüsse sind doch nur das wirklich Existirende. Man mag übrigens Schröder's Mittelzahlen auffassen wie man will, so sind sie aus den eben angegebenen Gründen unzuverlässige, zufällige Zahlen.

§. 13. Zu der irrigen Grundlage der neuen Untersuchungen Schröder's gesellt sich ein Irrthum in der Ausführung der Berechnungen.

Schröder stellt die Substanzen, welche von ihm als zur Vergleichung brauchbar befunden wurden (§. 9), paarweise zusammen, so daß sich gleiche Zusammensetzungs-Differenzen D oder Multipla $x D$ ergeben. Er sucht sodann die dieser Zusammensetzungs-Differenz D zugehörige mittlere Siedepunkts-Differenz, indem er mit der Summe aller D und $x D$ in die Summe aller zugehörigen Siedepunkts-Differenzen dividirt. Bei diesem Verfahren wird also jeder Combination, die aus zwei um D oder $x D$ in der Zusammensetzung differirenden Verbindungen gebildet ist, ein Einfluss auf das zu suchende arithmetische Mittel beigelegt, welcher der GröÙe der Zusammensetzungs-Differenz, also x , proportional ist. Dieses Verfahren wäre ganz statthaft zur Beseitigung der zufälligen Fehler in den Siedepunkts-Beobachtungen, wenn man nur diese möglichst eliminiren wollte; also z. B. bei der Berechnung von Siedepunkts-Differenzen in einer Reihe, für deren Glieder unzweifelhaft die Einflüsse der Elemente und die Constante S unveränderlich angenommen werden können, und wo die Beobachtungen selbst alle gleich sicher sind. Es ist aber unstatthaft, wenn man den mittleren Einfluss eines Elements in der

Art bestimmen will, daß man durch eine große Zahl von Combinationen die Schwankungen auf und ab, welche nach Schröder in dem Einfluß eines Elements wirklich sollen statthaben können, sich möglichst compensiren lassen will. Hier müßte man den Resultaten aller Combinationen gleichen Einfluß auf die Berechnung des Mittelwerths zugestehen, aus jeder Combination die der Zusammensetzungs-Differenz D zugehörigen Siedepunkts-Differenz ableiten, und aus diesen Resultaten das Mittel nehmen. Schröder meint zwar (S. 53 f.), daß aus Combinationen, welche eine größere Zusammensetzungs-Differenz αD ergeben, sich auch eine in demselben Verhältniß sicherere Siedepunkts-Differenz ableite, weil die Schwankung in dem Einfluß der Zusammensetzungs-Differenz sich in demselben Verhältniß mehr vertheile, durch eine größere Zahl α dividirt werde. Das wäre der Fall, wenn der Einfluß eines Elements auf den Siedepunkt einer Verbindung unabhängig wäre von der Anzahl Atome des Elements, welche in 1 Atom der Verbindung enthalten sind. Wie zwei Substanzen A und B den Kohlenstoff mit einem verschiedenen Einfluß auf den Siedepunkt enthalten, so wird die Verschiedenheit dieses Einflusses sich um so deutlicher äußern, je mehr Kohlenstoffatome in der Zusammensetzungs-Differenz beider Substanzen enthalten sind. Nach Schröder's Ansicht müßten übrigens offenbar bei seinen Rechnungen die Siedepunkts-Differenzen, welche derselben Zusammensetzungs-Differenz D entsprechen, sich um so übereinstimmender ergeben, je größere Differenzen αD zu ihrer Herleitung dienten; was die Erfahrung auch gar nicht bestätigt.

Schröder ist der Ansicht (S. 54), wenn man aus allen Combinationen, welche die Zusammensetzungs-Differenz αD ergeben, die Siedepunkts-Differenz für die einfache Zusammensetzungs-Differenz D ableite und dann aus diesen Resultaten das Mittel nehme, so erhalte man nicht wesentlich abweichende Resultate. Es scheint jedoch, daß die Verschiedenheit der auf beiderlei Wegen erhaltenen

Resultate, die z. B. §. 21 hervorgehoben ist, eine sehr wesentliche genannt werden muß.

§. 14. Den Einfluß des Sauerstoffs auf den Siedepunkt sucht Schröder zuerst durch Vergleichung der Aetherarten und der Kohlenwasserstoffe, welche sich in ihrer Zusammensetzung um O^2 oder αO^2 unterscheiden. Der Raumersparniß wegen theilt er nie die einzelnen Resultate solcher Vergleichungen mit, sondern nur den Mittelwerth, wie er ihn nach der in §. 13 besprochenen irrigen Methode berechnet; die einzelnen Resultate seyen ohne Interesse, nur die Mittelwerthe haben Bedeutung. Offenbar hängt jedoch hier die Bedeutung des Mittelwerths von der grösseren oder geringeren Uebereinstimmung der Zahlen, die ihn ergeben, sehr wesentlich ab, und ich will die letztern zur Prüfung der Mittelwerthe und der Schröder'schen Methode vorlegen. Aus den 21 Combinationen, welche Schröder in diesen Ann. LXXIX., 43 aufzählt, ergiebt sich die Siedepunkts-Erhöhung, welche bei Vergleichung von Aetherarten und Kohlenwasserstoffen einem Mehrgehalt an O_2 entspricht, zu:

- | | | | | | | |
|-------|-------|-------|--------|--------|--------|---------|
| 1) 38 | 4) 30 | 7) 28 | 10) 31 | 13) 29 | 16) 27 | 19) 34 |
| 2) 30 | 5) 29 | 8) 29 | 11) 34 | 14) 27 | 17) 18 | 20) 16 |
| 3) 23 | 6) 25 | 9) 30 | 12) 36 | 15) 25 | 18) 25 | 21) 25. |

Diese Zahlen sind so differirend, daß ein Mittelwerth aus ihnen wenig Anspruch darauf machen kann, ein Naturgesetz zu begründen. Der Mittelwerth ergiebt sich aus dem Vorstehenden zu 28,0; Schröder berechnet ihn nach seiner irrigen Methode (§. 13) zu 28,3.

§. 15. Die sieben Combinationen Schröders (S. 44), welche sich aus Säuren, die 4O enthalten, und Kohlenwasserstoffen bilden lassen, ergeben für einen Mehrgehalt an O_4 eine Siedepunkts-Erhöhung um

- 1) 164; 2) 148; 3) 134; 4) 136; 5) 140; 6) 151; 7) 126;
im Mittel 142,7; Schröder bestimmt es irrthümlich zu 144,2. Er hebt hervor, daß dieser Einfluß von O_4 in den Säuren zu dem Einfluß von O_2 in den Aetherarten in dem Verhältniß 5 : 1 stehe.

§. 16. Wenn nach dem Vorstehenden durch Vergleichung von Aetherarten mit Kohlenstoffen für O_2 der Einfluss 28,3, also für O_4 der Einfluss $2 \times 28,3$ gefunden wurde, durch Vergleichung von Säuren mit Kohlenwasserstoffen aber für O_4 nahezu der Einfluss $5 \times 28,3$, so muß, wenn man die Aetherarten und Säuren von gleicher Zusammensetzung mit einander vergleicht, zwischen ihnen eine Siedepunkts-Differenz von $3 \times 28,3$ statthaben. Da bei diesen Vergleichungen der Mehrzahl nach dieselben Säuren, dieselben Aetherarten und dieselben Kohlenwasserstoffe benutzt wurden, so muß dieses so gewiß der Fall seyn, als aus $A = D + x$ und $B = D + y$ sich $B - A = y - x$ ergibt. Schröder sieht hingegen darin einen Beweis, daß die im §. 15 angeführte Relation wesentlich und nicht bloß zufällig sey. Die Siedepunkts-Differenzen in den von ihm zusammengestellten neun Paaren von Säuren und damit metameren Aethern (S. 45) sind:

1) 84; 2) 84; 3) 82; 4) 88; 5) 75; 6) 93; 7) 91; 8) 90; 9) 76.

Es sind hier stets Glieder Einer Reihe homologer Substanzen (Säuren $C_n H_{2n} O_4$) mit Gliedern Einer anderen Reihe homologer Substanzen (Aether $C_n H_{2n} O_4$) verglichen. Deshalb die größere Uebereinstimmung in vielen dieser Zahlen, die sich am deutlichsten ausspricht, wo Substanzen verglichen sind, deren Siedepunkte wiederholte Beobachtungen mit größerer Sicherheit festgestellt haben. (Die drei Differenzen 6), 7) und 8) sind durch Combination dreier metameren Aether $C_{12} H_{22} O_4$ von wesentlich demselben Siedepunkt mit einer und derselben Säure, Capronsäure, erhalten, so daß eine Ungenauigkeit in der Bestimmung des Siedepunkts der letzteren drei unter sich nahe übereinstimmende, aber von den andern Zahlen abweichende Differenzen hervorbringen muß.

§. 17. Um den Einfluss des Kohlenstoffs zu finden, sucht Schröder auf, welche Siedepunkts-Differenz der Zusammensetzungs-Differenz $C_2 O_2$ entspreche, und vergleicht zu dem Ende (S. 47) die Aetherarten unter sich

und mit den Kohlenwasserstoffen in 19 Combinationen. Aus diesen ergibt sich die gesuchte Siedepunkts-Differenz:

- | | | | | | | |
|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 1) 70 | 4) 58 | 7) 47 | 10) 55 | 13) 36 | 16) 73 | 18) 61 |
| 2) 65 | 5) 70 | 8) 57 | 11) 48 | 14) 65 | 17) 61 | 19) 60 |
| 3) 60 | 6) 58 | 9) 59 | 12) 42 | 15) 60 | | |

Schröder nimmt keinen Anstand, trotz der Verschiedenheit dieser Zahlen ¹⁾ doch aus diesen Combinationen nach seiner irrigen Methode (§. 13) einen Mittelwerth zu suchen; er findet $57,9 = 2.28,9$, nahe gleich dem doppelten Einflufs, welchen er für O_2 in den Aetherarten annimmt (§. 14). Er schließt, es müsse der Einflufs von C_2 dem von O_2 gleich seyn.

So plausibel dies aussieht, hat es doch gar keine Bedeutung, trotz der 19 Combinationen, aus welchen der mittlere Einflufs von $C_2 O_2$ abgeleitet wurde. Und deshalb nicht, weil dieser „mittlere Einflufs“ von $C_2 O_2$ so unsicher ist, daß das Beachten oder Vernachlässigen Einer Siedepunkts-Angabe ihn erheblich genug ändert, um die ganze von Schröder vermeintlich gefundene Regelmäßigkeit umzustossen. Schröder hat durch irgend ein Versehen den Oxalholzäther nicht zu Vergleichen benutzt, wo es belehrend gewesen wäre es zu thun (vergl. §. 18); hätte im vorliegenden Falle das Versehen den Brenzschleimäther getroffen, und wäre nur diese Eine Substanz zur Bildung von Combinationen nicht benutzt worden, so hätte Schröder für den „mittleren Einflufs“ von $C_2 O_2$ die von 57,9 sehr verschiedene Zahl 55,7 gefunden; hätte das Versehen hingegen den Benzoëamyläther getroffen, so hätte er für denselben „mittleren Einflufs“ von $C_2 O_2$ 61,0 gefunden. In einem solchen Fall, der natürlich auch durch das Hinzukommen einer neuen Siedepunkt-Angabe veranlaßt werden kann, bleibt die Erkenntniß, daß C_2 den-

1) Die auffallende Uebereinstimmung der Zahlen in 17), 18) und 19) hat darin ihren Grund, daß hier eine und dieselbe Substanz (Aconit-äther) mit drei metameren Aetherarten $C_{12}H_{12}O_4$ von wesentlich demselben Siedepunkt verglichen worden ist.

selben Einfluss ausübt, wie O_2 , „verschleiert“. Offenbar hängt das Princip der Schröder'schen Untersuchung, des „mehr oder weniger Compensiren“, an sehr schwachen Fäden, und die Zahl 57,9, aus welcher die erwähnte Erkenntniss hervorging, kann nur als eine äusserst zufällige betrachtet werden.

§. 18. Schröder sucht indess diese Erkenntniss weiter zu bestätigen durch die Aufsuchung des Einflusses von C_2O_4 ; er leitet diesen ab (S. 48) aus zehn Combinationen von Aetherarten unter einander und mit Kohlenwasserstoffen. Diese Combinationen ergeben für diesen Einfluss:

1) 90	3) 99	5) 90	7) 98	9) 85
2) 91	4) 81	6) 85	8) 81	10) 64.

Aus diesen Combinationen leitet Schröder den Mittelwerth 86,82 ab, welcher $= 3 \times 28,94$ ist, woran sich die erwähnte Regelmässigkeit bestätige. Aber der Werth 86,82 ist wiederum ein vollkommen unzuverlässiger. S. 72 bemerkt Schröder, durch ein unbekanntes Versehen sey der Oxalholzäther bei der Bildung von Combinationen nicht mit berücksichtigt worden; hätte dieses Versehen nicht den Oxalholzäther, sondern an seiner Stelle den Capronholzäther betroffen, so hätte Schröder den mittleren Einfluss von C_2O_4 zu 91,8 statt zu 86,8 gefunden, was doch eine sehr verschiedene Zahl ist. Das vollkommen Zufällige der Zahlen, mit welchen in Schröder's Untersuchungen Naturgesetze vorgestellt werden, zeigt sich auch hier deutlich.

§. 19. Schröder sucht weiter aus 17 Combinationen von Säuren unter einander und Aetherarten unter einander (S. 49) den Einfluss des Kohlenstoffs direct; diese Combinationen ergeben für C_2

1) 28	4) 26	7) 28	10) 30	13) 29	16) 32
2) 25	5) 31	8) 25	11) 28	14) 29	17) 33
3) 25	6) 27	9) 29	12) 28	15) 23	

während 56 Combinationen von Kohlenwasserstoffen für C_2 ergeben:

1) 52 8) 34 15) 24 22) 8 29) 26 36) 23 43) 37 50) 27
 2) 46 9) 27 16) 36 23) 32 30) 42 37) 31 44) 23 51) 29
 3) 22 10) 37 17) 32 24) 29 31) 18 38) 30 45) 11 52) 0
 4) 30 11) 31 18) 28 25) 25 32) 41 39) 33 46) 15 53) 8
 5) 22 12) 27 19) 36 26) 30 33) 29 40) 41 47) 22 54) 22
 6) 15 13) 34 20) 34 27) 33 34) 39 41) 36 48) 28 55) 34
 7) 42 14) 29 21) 31 28) 50 35) 33 42) 38 49) 34 56) 45.

Die letztern Zahlen sind unter sich so abweichend, daß sich auf das klarste herausstellt, durch diese Art von Vergleichen könne man zur Erkenntniß von Gesetzmäßigkeiten nicht gelangen. Schröder nimmt jedoch keinen Anstand, auch diese Zahlen zur Aufsuchung von Mittelwerthen zu benutzen. Die 17 Combinationen von Säuren und Aetherarten geben ihm für den Einfluß von C_2 den Mittelwerth 27,6, die 56 Combinationen von Kohlenwasserstoffen für denselben Einfluß die sehr differirende Zahl 30,8. Beide Zahlen stimmen unter einander nicht, auch nicht mit der vermeintlichen Gesetzmäßigkeit, der Einfluß von C_2 sey gleich dem von O_2 , 28 bis 29°. Es wird deshalb aus allen Combinationen ein gemeinschaftlicher Mittelwerth genommen, und so 29,8 erzielt, was auch nicht gut paßt. Daß für diese Zahl später, wo gezeigt werden soll, zu wie übereinstimmenden Werthen für O_2 oder C_2 man auf ganz verschiedene Weise komme, und daß der wahrscheinlichste Werth dafür 28,8 sey, die sehr gut passende 28,8 steht, ist ein Druckfehler.

§. 20. Aus dem Vorhergehenden dürfte sich, im Anschluß an das §. 12 über die von Schröder befolgte Methode Bemerkte, Folgendes mit Gewißheit herausstellen.

Die Mittelwerthe, auf welche Schröder die vermeintliche Entdeckung eines gleichen Einflusses von Sauerstoff und Kohlenstoff auf den Siedepunkt stützt, sind so zufällige Zahlen, daß aus ihnen gar Nichts hinsichtlich einer Gesetzmäßigkeit geschlossen werden kann (vergl. §§. 17 und 18).

Die Verschiedenheit der Zahlen, welche den Einfluß desselben Elements oder desselben Atomcomplexes darstellen sollen, rührt vorzugsweise davon her, daß nicht ver-

gleichbare Verbindungen mit einander verglichen worden sind.

Dafs diese Zahlen nicht noch stärker unter einander differiren, und dafs die Mittelwerthe für C_2 und O_2 sich um etwa 29° herumbewegen, hat darin seinen Grund, weil nur solche Substanzen berücksichtigt sind, deren beobachteter Siedepunkt um weniger als 30° von dem Resultat einer vorläufig angenommenen Formel abweicht, in welcher letzterer 31 für C_2 und 29 für O_2 angenommen war (§. 9), also weil diejenigen Substanzen von vornherein ausgeschlossen sind, welche gröfsere Differenzen ergeben hätten.

Dafs sich oft sehr annähernd gleiche Differenzen ergeben, beruht manchmal darauf, dafs wirklich vergleichbare Substanzen verglichen wurden (z. B. §. 16). Häufig wird dies auch dadurch hervorgebracht, dafs mit einer und derselben Substanz verschiedene andere isomere von wesentlich demselben Siedepunkt zu verschiedenen Combinationen vereinigt wurden, wo natürlich sich nahezu gleiche Siedepunkts-Differenzen ergeben. Manchmal wirkt auch wohl die von Schröder früher (diese Ann. LXIV., 390) eingesehene Ursache, dafs bei dem Vergleichen auf das Gerathewohl hin sich Uebereinstimmungen in den Siedepunkts-Differenzen ergeben können, weil die Beobachtungen nicht genau sind.

Schröder glaubt den gemeinsamen Werth für C_2 und O_2 auf sehr verschiedene Weise und aus sehr verschiedenen Combinationen nahe übereinstimmend gefunden zu haben; dies hat in eigenthümlichen Ansichten der Art, wie §. 16 hervorgehoben wurde, seinen Grund. Wo der Einflufs eines Elements auf wesentlich verschiedene Art zweimal bestimmt wurde, ergaben sich für ihn sehr abweichende Werthe (vergl. §. 19).

§. 21. Es gilt — zur Darlegung, dafs die Einflüsse der Elemente in einfachen Verhältnissen zu einander stehen — dies auch für den Wasserstoff darzuthun, für welchen Schröder den Einflufs von H_2 zuerst zu — 3, dann zu — 10 bestimmt hatte; es gilt, dafür eine Zahl zu finden,

die zu dem angenommenen Fundamentalwerth für O_2 und C_2 , 28,8, in einem einfachen Verhältniß stehe. Schröder glaubt jetzt (S. 56) den Einfluß des Wasserstoffs am sichersten auf indirectem Wege zu finden; er sucht die Siedepunkts-Differenz für die Zusammensetzungs-Differenz C_4H_2 durch Vergleichung von Kohlenwasserstoffen unter einander und ebenso von Aetherarten und von Säuren in 24 Combinationen; diese ergeben für den Einfluß von C_4H_2 :

1) 87 4) 58 7) 58 10) 44 13) 63 16) 38 19) 51 22) 52
 2) 71 5) 53 8) 44 11) 51 14) 51 17) 48 20) 38 23) 51
 3) 57 6) 48 9) 40 12) 57 15) 52 18) 45 21) 43 24) 51.

Er leitet aus diesen 24 Combinationen in irriger Weise (vergl. §. 13) für C_4H_2 den Mittelwerth 50,9 ab; durch Abzug von $57,6 = 2 \times 28,8$ (für C_4) ergibt sich $-6,7$ für den Einfluß von H_2 . Er nimmt dafür an $-7,2 = \frac{1}{2} \times 28,8$.

Berechnet man aber den Mittelwerth aus den 24 Combinationen richtig, dem Resultat aus jeder Combination denselben Werth beilegend, so erhält man für den Einfluß von C_4H_2 52,1 und für den von H_2 also $-5,5$. Letztere Zahl weicht von 7,2 doch so stark ab, daß sie mit dem neu angekündigten Naturgesetz nicht verträglich ist.

§. 22. Eine Controle seiner Annahme für den Einfluß von H_2 sucht Schröder nicht direct (durch Vergleichung von Substanzen, deren Formeln um H_2 oder xH_2 differiren). Doch wäre es ein leichtes, auch auf diese Art einen Mittelwerth aus vielen Combinationen zu erhalten, welcher sich der eben angenommenen Zahl $-7,2$ genügend anschlosse; man müßte freilich davor nicht zurückweichen, daß bei Vergleichung der von Schröder zu seinen Combinationen benutzten Substanzen sich der Einfluß des Wasserstoffs bald erniedrigend, bald erhöhend ergibt, und hoffen, daß sich diese Schwankungen mehr oder weniger compensiren.

Schröder sucht im Gegentheil seine Annahme für den Einfluß von $-H_2$ auch indirect zu bestätigen; er sucht den Einfluß des Elementarcomplexes C_2H_2 . Um diesen

letzteren oder ein Multiplum desselben unterscheiden sich die Glieder je Einer Reihe homologer Verbindungen; ich bestimmte für seinen Einfluss als wahrscheinlichsten Werth 19° . Schröder hat wiederholt seine Ansichten ausgesprochen, dieser Einfluss von C_2H_2 sey in verschiedenen Reihen ungleich groß; für C_2H_2 in der Reihe der Säuren $C_{2n}H_{2n}O_4$ sey er 21° , für C_2H_2 als die Zusammensetzungs-Differenz der Aethyl- und Methyl-Verbindungen aber kleiner ¹⁾.

§. 23. Schröder geht jetzt auf einmal von seinem bisher befolgten Principe ab, Einen Mittelwerth für den Einfluss eines Elementencomplexes aus möglichst vielen Combinationen zu suchen; er käme auch wirklich bei consequenter Befolgung der bisher angewandten Methode zu Zahlen für den Einfluss von C_2H_2 und von H_2 , welche zu $28,8$ nicht in einfachen Verhältnissen stehen. Er vermeidet plötzlich den möglichen Irrthum, der daraus entstehen könnte, Essigäther (Siedep. 74°) sowohl mit Ameisenäther (55°) als auch mit Essigholzäther (57°) zu vergleichen ²⁾, ob er gleich bei den bisherigen Berechnungen nicht nur alle Combinationen von Einer Substanz mit mehreren anderen unter sich metameren und nahe denselben Siedepunkt besitzenden Substanzen für zulässig hielt, sondern selbst isomere Kohlenwasserstoffe, für welche er die verschiedenen Siedepunkte -2° , $+14^\circ$, $+28^\circ$ angegeben fand, zu möglichst vielen Combinationen benutzte, um einen Mit-

1) Ob hier eine Verschiedenheit stattfinde, hängt mit der Frage zusammen, ob metamere Aether $C_{2n}H_{2n}O_4$ denselben Siedepunkt haben, oder nicht. Schröder meint (S. 58), ersteres sey auch durch neuere, auf diesen Punkt gerichtete, Untersuchungen nicht außer Zweifel gesetzt worden. Allerdings ist es dies ebenso wenig, als die Frage, ob dieselbe Substanz unter gleichen Umständen denselben Siedepunkt habe; außer Zweifel gesetzt ist aber wohl, dass die Siedepunkte solcher möglichst reiner Aether nicht mehr von einander differiren, als die Siedepunkte-Beobachtungen an möglichst reinen Präparaten von verschiedenen Darstellungen eines und desselben Aethers.

2) Ich schreibe hier für die Siedepunkte die von Schröder seinen Berechnungen zu Grunde gelegten Zahlen.

telwerth abzuleiten. Er vergleicht jetzt zur Auffindung des Einflusses C_2H_2 in den Säuren $C_{2n}H_{2n}O_4$ die Säuren unter sich, die Methyl-Verbindungen unter sich und ebenso die Aethyl- und die Amyl-Verbindungen, und findet aus solchen 43 Combinationen für C_2H_2 21,3 (richtige Rechnung giebt 21,5), für H_2 also $21,3 - 28,8 = -7,5$. Er legt dabei genaue und zweifelhafte Beobachtungen, sichere und unsichere Siedepunkts-Angaben zu Grund; welche Sicherheit sein auf diese Art erhaltener Mittelwerth habe, zeigt folgende Zusammenstellung der aus den einzelnen Combinationen für den Einfluss von C_2H_2 sich ergebenden Resultate ¹⁾.

1 u. 2)	17	3 u. 6)	19,8	9 u. 10)	15	13 u. 17)	23,3
1 - 3)	19	4 - 5)	31	9 - 11)	25	14 - 15)	20
1 - 4)	18,5	4 - 6)	21	10 - 11)	35	14 - 16)	24,5
1 - 5)	21	5 - 6)	16	12 - 13)	19	14 - 17)	25,2
1 - 6)	19,6	7 - 8)	23	12 - 14)	19,3	15 - 16)	29
2 - 3)	21	7 - 9)	22	12 - 15)	19,5	15 - 17)	27
2 - 4)	19	7 - 10)	20,2	12 - 16)	21,4	16 - 17)	26
2 - 5)	22	7 - 11)	23,2	12 - 17)	22,7	18 - 19)	13
2 - 6)	20	8 - 9)	21,5	13 - 14)	19,5	18 - 20)	20
3 - 4)	18	8 - 10)	19,3	13 - 15)	19,7	19 - 20)	22,3
3 - 5)	22,3	8 - 11)	23,2	13 - 16)	22.		

Das Merkwürdige ist, dass unter diesen 43 Combinationen, aus welchen Schröder einen so gut passenden Mittelwerth findet, 16 sind, die nach seiner eigenen Meinung gar nicht hierher gehören, nämlich die mit Valeriansäure oder Valeriansäure-Verbindungen gebildeten. S. 62

- 1) Schröder benutzte zur Bildung dieser Combinationen folgende Substanzen und die beigefügten Siedepunkte: 1) Ameisensäure (101), 2) Essigsäure (118), 3) Metacetonsäure (139), (die Buttersäure ist übersehen), 4) Valeriansäure (175), 5) Capronsäure (206), 6) Caprylsäure (238), 7) Ameisenholzäther (34), 8) Essigholzäther (57), 9) Butterholzäther (100), 10) Valerianholzäther (115), 11) Capronholzäther (150), 12) Ameisenäther (55), 13) Essigäther (74), 14) Butteräther (113), 15) Valerianäther (133), 16) Capronäther (162), 17) Capryläther (214), 18) Ameisenamyläther (116), 19) Essigamyläther (129), 20) Valerianamyläther (196).

theilt er nämlich mit, die Valeriansäure gehöre nicht in dieselbe Reihe, wie die andern hier genannten Säuren.

Wie scharf der Einfluss von C_2H_2 hier bestimmt sey, ergibt sich weiter noch aus Folgendem. Das Mittel der einzelnen Werthe für C_2H_2 in obigen 43 Combinationen ist 21,5. Schröder hat die Angabe 214° für Capryläther benutzt, die Angabe 264° für den ganz hiehergehörigen Pichurimalgäther nicht. Macht man es umgekehrt, so ergibt sich der Mittelwerth für den Einfluss von C_2H_2 fast um eine ganze Einheit anders, zu 20,8.

§. 24. Die Siedepunkts-Differenz zwischen den entsprechenden Aethyl- und Methyl-Verbindungen nahm Schröder früher an zu 17° (diese Ann. LXII., 186), dann zu 16° (diese Ann. LXIV., 100, 397), dann zu 14° (diese Ann. LXVII., 73). Letztere Zahl steht zu dem angenommenen Fundamentalwerth 28,8 annähernd in einem einfachen Verhältniss, und wird jetzt bestätigt. Sie wird sehr unsicher abgeleitet, nämlich aus neun Vergleichen [1) der ameisens., 2) der essigs., 3) der butters., 4) der valerians., 5) der caprons., 6) der benzoës., 7) der salicyls., 8) der zimmts. Aethyl- und Methyläther und 9) des Alkohols und des Holzgeistes], für welche Schröder die Siedepunkts-Differenzen berechnet:

1) 21; 2) 17; 3) 13; 4) 18; 5) 12; 6) 10; 7) 2; 8) 20; 9) 13.

Hätte Schröder für den Siedepunkt des Capronäthers statt Fehling's Angabe 162° , Lerch's Angabe 120° benutzt, welche ihm früher (Diese Ann. LXIV., 376) bei der Deduction haarscharf passender Siedepunkts-Regelmäßigkeiten brauchbar war, so hätte sich die gesuchte mittlere Siedepunkts-Differenz auch noch kleiner finden lassen. Das Princip, dass viele weniger gut stimmende Resultate einen besseren Mittelwerth ergeben, als wenige gut stimmende, zeigt sich hier sehr anwendbar. Vorhandene Siedepunkts-Angaben für dieselbe Substanz benutzt man — ohne Rücksicht darauf, ob der Siedepunkt nur gelegentlich beobachtet wurde, oder ob die genaue Bestimmung desselben und die Entfernung aller eine Störung hervor-

bringenden Einflüsse die eigentliche Aufgabe war, — zur Bildung eines Mittelwerthes, und aus solchen Mittelwerthen leitet man Differenzen ab wie die eben angegebenen und nimmt aus ihnen wieder das Mittel. Schröder selbst schenkt indeß der Differenz 14° für C_2H_2 kein großes Vertrauen, obgleich es wohl kaum so vergleichbare und verhältnißmäßig gut untersuchte Substanzen giebt; als entsprechende Aethyl- und Methyl-Verbindungen. Allerdings gaben meine Beobachtungen für die ameisensauren Verbindungen die Siedpunkts-Differenz 21° , für die essigs., butters. und valerians. 18 bis 19° ; allerdings gaben die Beobachtungen von Millon, Dumas und Peligot für die salpeters. 19° , die von E. Kopp und Chancel für die nitrobenzoës. 18, die von E. Kopp und Marchand für die zimmts. 19 bis 21° , ziemlich viele gut übereinstimmende Resultate, die der Zahl 14 und dem Schröder'schen Naturgesetz nicht günstig sind. Zur Auffindung der letztern unrichtigen Zahl tragen wesentlich bei die Angaben von Cahours für salicyls. Aethyloxyd (225°) und salicyls. Methyloxyd (223°), welche die Differenz 2 ergeben; Cahours selbst weiß gewiß diesen Beobachtungen ihren wahren Werth für die Entscheidung solcher Fragen beizulegen, aber ihn läßt das Resultat derselben ganz unbesorgt darüber, daß die Siedpunkts-Differenz der entsprechenden Aethyl- und Methyl-Verbindungen viel größer, etwa 20° sey (*Ann. chim. phys.*, 3^{me} Série, XXVII. 465).

§. 25. Als aus der Vergleichung sauerstoffhaltiger Verbindungen sich für den Einfluß des Kohlenstoffs ein anderer Werth ergab, als aus der Vergleichung der Kohlenwasserstoffe, und das Gesetz, daß die Siedpunkteinflüsse Multipla von 7,2 seyen, in den einzelnen Mittelwerthen, oder doch einem derselben sich nicht bestätigte, war das Aufsuchen eines gemeinschaftlichen Mittelwerthes statthaft (§. 19). Für den Einfluß von C_4H_2 , wo die einzelnen Resultate um mehr als das Doppelte von einander abwichen (§. 21) konnte gleichfalls ein ganz allgemeiner Mittelwerth genommen werden. Aber für C_2H_2 geschieht dies

nicht; jeder der einzeln gefundenen Mittelwerthe ist ein Multiplum von 7,2, der gemeinsame Mittelwerth wäre es aber nicht.

Aus entsprechenden Amyl- und Methyl-Verbindungen findet Schröder den Siedepunkteinfluss von $4C_2H_2$ zu $71^{\circ},2$, für C_2H_2 also 18. Diese Zahl ist kein Multiplum von 7,2; auch weiß Schröder nicht (S. 61), ob man *be-rechtigt* sey, diese Division $\frac{71,2}{4}$ vorzunehmen, die ganze Siedepunktsdifferenz auf jedes einzelne C_2H_2 gleichmäfsig zu vertheilen. Kein Competenzscrupel tauchte auf, als er bis dahin, z. B. bei der Vergleichung von Essigäther und Caoutchen, von Brenzschleimäther und Toluol, von Benzöamyläther und Terpentinöl u. a., ähnliche gleichmäfsige Vertheilungen fort und fort vornahm; er fand dabei Mittelwerthe, die mehr oder weniger nahe Multipla von 7,2 waren. Aber bei der Vergleichung so analoger Substanzen, wie die entsprechenden Methyl- und Amyl-Verbindungen, wird die Berechtigung zweifelhaft; 18 ist kein Multiplum von 7,2. Für den Nothfall aber wird in Aussicht gestellt (S. 61, 67, 68), daß die Siedepunkts-Einflüsse der Elemente und der Elementencomplexe Multipla seyn müssen, nicht von 7,2, sondern von 3,6, was natürlich viel schwieriger zu widerlegen ist, wie es denn noch schwieriger seyn würde, zu zeigen, daß sie *nicht* Multipla seyen von 1,8 oder von 0,9, weil der Siedepunkt für eine Substanz im ganz reinen Zustand sehr schwer so genau zu bestimmen ist.

§. 26. Schröder glaubt noch einen sehr directen Beweis dafür zu geben, daß die Siedepunkts-Einflüsse und somit auch die Siedepunkts-Differenzen Multipla von 7,2 seyen. Gut untersuchte Substanzen, 1) Wasser, 2) Alkohol, 3) Aether geben die Siedepunkts-Differenzen 1 u. 2) $21^{\circ},8 = 3 \times 7,3$; 1 u. 3) $64^{\circ},8 = 9 \times 7,2$; 2 u. 3) $43^{\circ},0 = 6 \times 7,2$. Wenn bei andern Substanzen sich das nicht zeigt, so macht dieß auch das Vorkommen von Siedepunkts-Schwankungen um $x \times 3^{\circ},6$ wahrscheinlich.

Die Differenz 1 u. 2) ist $= 2 \times 10,9$; 1 u. 3) $= 6 \times 10,8$; 2 u. 3) $= 4 \times 10,8$; dämmert hier nicht ein ähnliches Naturgesetz? Fand Schröder nicht (diese Ann. LXIV, 367) früher für den Einfluss von H_2 die Zahl -10 ?, nicht für C_2 31 und für O_2 29,5, im Mittel sehr nahe $30 = 3 \times 10$? nicht früher für $C_2 O_2$ $60,5 = 6 \times 10$ und für $C_2 O_4$ $90 = 9 \times 10$? findet er nicht jetzt für $C_4 H_2$ $50,8 = 5 \times 10$? Ist der mittlere Einfluss von $C_2 H_2$ — wenn so berechnet, wie Schröder ohne Bedenken die Einflüsse von O_2 , C_2 , $C_2 O_4$, $C_2 O_2$, $C_4 H_2$ berechnet, nämlich durch Aufsuchung Eines Mittelwerths, aus allen möglichen Combinationen, ohne Bildung von Unterabtheilungen — nicht sehr nahe $20 = 2 \times 10$? lassen sich mit diesen Zahlen nicht auch Naturgesetze wie die von ihm angekündigten vorstellen, haben sie nicht ebenso viel, d. h. ebenso wenig, Wahrscheinlichkeit als die von ihm vorgezogenen? lassen sich nicht auch hier die nicht passenden Beobachtungen „principiell von vornherein ausschließen?“ und lässt sich nicht auch hier im Nothfall sagen, wenn die beobachteten Siedepunkts-Differenzen nicht Multipla von 10 sind, es mache dies wahrscheinlich, dass sie Multipla von 5 oder von 2,5 seyen?

§. 27. Als zweiten Theil seiner Untersuchung giebt Schröder (S. 68 ff.) theoretische Formeln für die Siedepunkte einzelner Verbindungsgruppen. Wozu diese Formeln dienen sollen, ist mir nicht klar. Die Siedepunkte der Substanzen brauchen nämlich mit den Resultaten der Formeln gar nicht übereinzustimmen; die Differenzen sollen in der Regel sich innerhalb nicht sehr weiter Gränzen halten, und sich theoretisch durch „ $\pm 7^\circ,2$; $\pm 14^\circ,4$; $\pm 21^\circ,6$; $\pm 28^\circ,8$ u. s. w.“ ausdrücken lassen. Wenn auch jemand $\pm 28^\circ,8$ nicht als weite Gränze betrachten wollte, so sind doch jedenfalls die mit „u. s. w.“ angedeuteten Gränzen sehr weite. Eventuell können die Differenzen auch Multipla von $\pm 3,6$ seyn (vergl. §. 25). — Diese Formeln zeichnen sich u. a. dadurch aus, dass nach ihnen der Einfluss von $C_2 H_2$ in den Säuren $C_{2n} H_{2n} O_4$ und in den Alkoholen ebenso groß wäre, als in den Aetherarten $C_{2n} H_{2n} O_4$,
wäh-

während Schröder wenige Seiten vorher zu beweisen sucht (vergl. §. 22 ff.), der Einfluß von C_2H_2 sey in jenen Säuren ein ganz anderer als in den Aetherarten und den Alkoholen. Ich finde in Schröder's Arbeit keine Erklärung dieses Umstands, den man bei einer andern Theorie als einen Widerspruch bezeichnen könnte; aber ich glaube auch, daß dieser Widerspruch mit seiner Theorie verträglich ist, insofern er sich wohl in den eben besprochenen Schwankungen auflöst.

§. 28. Ich habe bei dieser Kritik hauptsächlich die Methode im Auge gehabt, welcher die neue Theorie ihr Daseyn verdankt, das Irrige, Willkürliche, Inconsequente in derselben. Die Haltlosigkeit der Resultate ergab sich so von selbst; auf eine genauere Sichtung des Materials, aus welchem sie gewonnen wurden, brauchte nicht eingegangen zu werden. Eine Bemerkung möge jedoch hier Platz finden. Es ist anzuerkennen, daß Schröder schon 1846 aussprach, für das Mesitylen seyen die Formel $C_{12}H_8$ und Kane's Siedepunktsangabe $135^{\circ},5$ C. unverträglich mit einander; in der That fand A. W. Hofmann in neuerer Zeit dafür die Formel $C_{12}H_{12}$ und den Siedepunkt 155 bis 160° . Aber in Schröder's neuer Untersuchung wird Kane's Siedepunktsangabe, als auf Fahrenheit'sche Grade gehend, zu 58° C. reducirt, und dieser Siedepunkt für das Mesitylen hilft neben der älteren Formel $C_{12}H_8$ die vermeintlichen Gesetzmäßigkeiten finden und begründen.

Das Vorhergehende zeigt wohl deutlich, daß die neue Schröder'sche Siedepunktstheorie sammt den darin enthaltenen Zahlen das Resultat willkürlicher und inconsequenter Ausführung eines unrichtigen Principis ist. Ich erkenne vollkommen an, daß die zahlreichen von Schröder aufgefundenen Fälle, wo gleicher Zusammensetzungs-Differenz gleiche Siedepunkts-Differenz entspricht, sehr viel zur Begründung der Wahrheit beigetragen haben, daß überhaupt Abhängigkeiten in dieser Beziehung existiren; aber die Aufstellung einer Theorie, wie die oben betrachtete, nützt der weiteren Erkenntniß dieses Gegenstandes nicht, son-

dern sie schadet ihr. Aehnliche, mit gleicher Zuversicht aufgestellte Theorien, wie die hier geprüfte, über die Abhängigkeiten physikalischer Eigenschaften von der chemischen Zusammensetzung, sind in den letzten Jahrzehnt mehrfach publicirt und bald als unhaltbar anerkannt worden; die Folge war, daß die Untersuchung des Hiehergehörigen überhaupt in Mißcredit gekommen ist. Das Interesse an diesem Gegenstand mag indeß ein noch so geringes geworden seyn, so glaube ich doch, daß man die Aufstellung von in der hier geprüften Art erhaltenen Resultaten als Erkenntniß eines allgemeinen Naturgesetzes nicht unwiderlegt lassen soll, wenn man bei ruhiger Prüfung die Haltlosigkeit eingesehen hat.

IV. *Ueber die Aschenanalysen, welche nach der Methode der Verkohlung und dem Auslaugen der Kohle ausgeführt worden sind, und über die Zusammensetzung der Asche des Ochsenbluts und der Kuhmilch; von R. Weber.*

Die Methode, nach welcher die Aschen mehrerer organischer Körper untersucht worden, und deren Resultate besonders in diesen Annalen Bd. 76, S. 338 und Bd. 79, S. 398 mitgetheilt sind, bestand bekanntlich darin, daß die verkohlten organischen Substanzen zuerst mit Wasser, darauf mit Chlorwasserstoffsäure extrahirt und die rückständige Kohle endlich mit Platinchlorid verbrannt wurde. Die Gründe, welche zu dieser Methode der Untersuchung die Veranlassung gegeben hatten, sind vom Hrn. Prof. H. Rose in früheren Abhandlungen über die Untersuchung der Asche organischer Körper ausführlich mitgetheilt worden ¹⁾.

1) Pogg. Ann. Bd. 70, S. 449. Bd. 76, S. 305.

Obleich nach dieser Methode alle basischen Bestandtheile der Asche einer organischen Substanz genau gefunden und bestimmt werden können, so findet diese Genauigkeit doch nicht in demselben Grade bei der Bestimmung der Säuren statt, und ganz besonders ist es die Chlorwasserstoffsäure, und in einigen Fällen auch, doch in weit minderem Grade, die Phosphorsäure, welche hierbei in ihren Bestimmungen ungenau werden und zu Fehlerquellen Veranlassung geben.

Die Versuche, welche ich vor einiger Zeit mit verschiedenen Salzen, die mit Zucker verkohlt wurden, angestellt habe ¹⁾, haben die Ansicht, dafs aus einer verkohlten organischen Substanz Wasser und Chlorwasserstoffsäure alle in ihnen löslichen Salze auszuziehen im Stande wären, und dafs die unorganischen Bestandtheile, die dann noch in der Kohle zurückbleiben, in einem Zustande enthalten wären, in welchem sie den Lösungsmitteln widerstehen, vollständig widerlegt. Diese Versuche haben bewiesen, dafs diese Unlöslichkeit der Salze einer verkohlten organischen Substanz in den Lösungsmitteln, in welchen sie sonst sehr leicht löslich sind, auf einer merkwürdigen Eigenthümlichkeit der Kohle beruhen.

Die Beschaffenheit der Kohle, welche eine organische Substanz nach ihrer Verkohlung hinterläfst, hängt jedoch wiederum von den verschiedenen in ihr enthaltenen Salzen ab. So geben z. B. organische Substanzen, deren Asche reich an kohlen sauren Alkalien oder auch an kohlen sauren Erden ist, eine mehr weiche, leicht zerreibbare Kohle, aus der durch Wasser und Säuren diese Salze ihrer größten Menge nach extrahirt werden können. Von dieser Beschaffenheit sind die verschiedenen Stroharten, aus denen, wenn sie nicht eine sehr bedeutende Menge von Kieselsäure enthalten, wie z. B. das Weizenstroh, nach ihrer Verkohlung fast die ganze Menge der darin enthaltenen Salze durch Wasser und Säuren ausgezogen werden kann.

Verkohlt man Zucker mit kohlen saurem Kali oder mit

1) Pogg. Annal. Bd. 79, S. 418 — 427.

essigsaurer Kalkerde, nachdem man, um eine recht innige Mengung beider hervorzubringen, den Zucker sowohl, wie das Salz, vorher in Wasser gelöst hatte, so erhält man eine Kohle, die eine außerordentlich leichte Verbrennlichkeit besitzt. Bewirkt man die Verkohlung beim möglichsten Ausschluss der Luft, so erhält man die Kohle von einer außerordentlich lockeren und leichten Beschaffenheit, die nach dem Reiben das feinste, zarteste Pulver liefert, das in seinen äusseren Eigenschaften große Aehnlichkeit mit dem Kienrufs hat. Behandelt man eine solche Kohle mit Wasser, oder wenn man essigsaure Kalkerde angewandt hatte, mit Salzsäure, so wird der größte Theil des Salzes dadurch ausgezogen, die rückständige Kohle ist aber dann viel dichter und weit schwerer verbrennlich geworden. So wie man aber dem kohlen sauren Alkali oder der essigsauren Kalkerde alkalische Chlormetalle, schwefelsaure Salze und ganz besonders phosphorsaure Salze zusetzt und diese mit einer concentrirten Zuckerlösung eindampft und verkohlt, so ist die erhaltene Kohle von ganz anderer Beschaffenheit, sie ist je nach dem verschiedenen Gehalte dieser Salze weit härter und spröder und wenn das phosphorsaure Salz vorwaltend ist oder wenn man dieses ganz allein angewandt hat, so ist die Kohle von so außerordentlich glasartiger Beschaffenheit geworden, dass sie sich nur mit der größten Mühe pulvern lässt, und es ist dennoch nicht möglich ein feines Pulver zu erhalten. Eine solche Kohle mit Wasser oder mit Säuren behandelt, giebt nur sehr wenig von den Salzen an die Lösungsmittel ab. Diese von den phosphorsauren Salzen herrührende glasartige Beschaffenheit einer Kohle ist der Grund, warum diejenigen organischen Substanzen, die reich an phosphorsauren Salzen sind, wie z. B. die Saamen und sehr viele animalische Stoffe, nach ihrer Verkohlung eine Kohle hinterlassen, aus der Wasser und Säuren so sehr wenig von Salzen auszuziehen vermögen.

Bei der Untersuchung der Aschen aller der Substanzen, deren Resultate Bd. LXXVI dieser Annalen mitgetheilt, und

überhaupt bei allen den Aschenanalysen, die nach der daselbst angegebenen Verkohlungs-methode ausgeführt worden sind, zeigt es sich, daß, wenn die Asche reich an phosphorsäuren Salzen ist, der dritte Theil der Analyse, d. h. die rückständige ausgelaugte Kohle stets die größte Menge der ganzen Asche der organischen Substanz enthält, während diejenigen Substanzen, deren Asche reich an kohlen-säuren Alkalien und kohlen-säuren Erden sind, in der ausge-laugten Kohle nur sehr wenig Asche geben.

Ich bemerkte oben, daß die nach dieser Methode aus-geführten Untersuchungen mit einigen Ungenauigkeiten hin-sichtlich der Bestimmung der Säuren verknüpft sind. Wird nämlich eine verkohlte organische Substanz nach ihrer Be-handlung mit Wasser mit Chlorwasserstoffsäure ausgelaugt, so kann natürlich das Chlor der unvollständig durch das Wasser extrahirten Chlormetalle weder in dem chlorwas-serstoffsäuren Auszuge noch in der rückständigen Kohle bestimmt werden. Die Angaben des Chlors bei dieser Ana-lyse entsprechen daher nicht genau der in den Aschen ent-haltenen Menge desselben. Ich muß jedoch bemerken, daß bei allen Aschenanalysen, die Verkohlung oder die Ein-äscherung mag nun auf eine Weise bewerkstelligt worden seyn, auf welche es sey, die Angaben des Chlors alle un-genau sind, wenn die Asche nicht reich an kohlen-säuren Alkalien ist, was bekanntlich nicht immer der Fall ist. Schon bei der Verkohlung einer organischen Substanz, selbst bei der gelindesten Temperatur, findet ein Verlust an Chlor statt, der nicht davon herrührt, daß ein Theil des alkalischen Chlormetalles verflüchtigt wird, sondern der seinen Grund in einem Austreiben des Chlors bei der Verkohlung haben muß, das aber nicht allein von in der Asche enthaltener Kieselsäure, oder von den darin enthal-tenen pyro- oder metaphosphorsäuren Salzen bewirkt wird. Die Kohle allein scheint beim Glühen mit alkalischen Chlor-metallen auf diese zersetzend einzuwirken. Folgender Ver-such spricht für diese Thatsache. Ich löste 2,171 Grm. Chlorkalium in Wasser, vermischte die Lösung mit einer

Zuckerlösung, die 6 Loth Zucker enthielt, dampfte ein und verkohlte den Rückstand bei möglichst niedriger Temperatur. Die zerriebene Kohle wurde mit heissem Wasser ausgelaugt und der Auszug zur Trockne eingedampft. Er reagirte auf Lackmuspapier stark alkalisch und gab 1,633 Grm. Rückstand. Dieser in Wasser gelöst, gab mit Salpetersäure, schwach sauer gemacht, keine bemerkbare Kohlensäure-Entwicklung. Das Chlor wurde vermittelst salpetersauren Silbers gefällt, der aus dem Chlorsilber berechnete Gehalt des Chlors betrug 41,49 Proc. des erhaltenen wässrigen Auszugs. Hätte dieser aus reinem Chlorkalium bestanden, so hätten 47,55 Proc. Chlor erhalten werden müssen.

Nach Entfernung des überschüssigen Silbers wurde die Flüssigkeit zur Trockne eingedampft, und um im Rückstand das salpetersaure Kali in Chlorkalium zu verwandeln, dieser mit reinem Salmiak geglüht; das Gewicht des erhaltenen Rückstandes betrug 1,664 Grm. Die ausgelaugte Kohle wurde jetzt mit Platinschwamm verbrannt, und um hierbei jeden Verlust von Chlor zu vermeiden, wurde sie mit einer Lösung von kohlensaurem Natron befeuchtet, die 1,732 Grm. trocknes Salz enthielt und damit zur Trockne eingedampft. Nach der Verbrennung der Kohle wurde das Platin mit Wasser ausgelaugt, die Lösung mit Salpetersäure sauer gemacht und das Chlor vermittelst salpetersauren Silberoxyds gefällt. Die aus dem erhaltenen Chlorsilber berechnete Menge des Chlors betrug 0,161 Grm. Rechnet man hierzu die aus dem wässrigen Auszug der Kohle erhaltene Menge, so beträgt die Summe des erhaltenen Chlors 0,627 Grm. d. i. 28,86 Proc. vom angewandten Chlorkalium, das 47,55 Proc. Chlor enthielt, der Verlust beträgt also 18,69 Proc. Aus der vom Chlorsilber abfiltrirten Flüssigkeit wurde das überschüssige Silber durch Salzsäure gefällt, die vom Niederschlag getrennte Flüssigkeit zur Trockne eingedampft, mit Salmiak geglüht und das im Rückstande enthaltene Kali in Kalium-Platinchlorid verwandelt. Die aus demselben berechnete Menge des Chlorkaliums betrug 0,493 Grm. Wird

hierzu die aus dem wässerigen Auszuge erhaltene Menge gerechnet, so beträgt das Gewicht des ganzen wieder erhaltenen Chlorkaliums 2,157 Grm., diese entsprechen 1,131 Grm. Kalium oder 52,07 Proc. des angewandten Salzes, welches 52,45 Proc. Kalium enthält. Während also bei diesem Versuche die Base des angewandten Salzes, so viel als es der Versuch zulässt, genau wieder erhalten wurde, so hat bei der Bestimmung des Chlors ein sehr bedeutender Verlust stattgefunden, der nur dadurch entstanden seyn kann, daß bei der Verkohlung, obgleich diese bei der möglichst niedrigen Temperatur bewirkt wurde, Chlor ausgetrieben wurde, wofür eine entsprechende Menge kohlen-saures Kali entstanden seyn muß. Aber auch dieses Salz hat zum Theil seine Kohlensäure wieder verloren, da dieselbe im wässerigen Auszuge der Kohle nicht zu entdecken war, und da bei anderen Versuchen ¹⁾ die Wahrnehmung gemacht worden ist, daß beim Glühen von kohlen-saurem Kali mit Kohle Kohlensäure ausgetrieben wird. In welchem Zustande hierbei das Alkali in der Kohle enthalten ist, bleibt noch zu erörtern übrig.

Diese beim Chlorkalium erhaltenen Resultate stehen im Widerspruch mit denen, welche Strecker bei seinen Versuchen erhalten hat ²⁾ der bei der Verkohlung von alkali-schen Chlormetallen mit Zucker nach der Einäscherung der Kohle in der Muffel nicht allein die ganze Menge des Salzes seinem Gewichte nach, sondern auch genau die in dem angewandten Chlormetall enthaltene Menge von Chlor wieder erhalten hat. Es ist jedoch bei einer andern Gelegenheit bemerkt worden ³⁾, daß bei diesen Versuchen eine so geringe Menge von Zucker angewandt worden ist, daß die daraus entstandene Kohle durchaus keine Wirkung auf das in ihr enthaltene Salz hat ausüben können.

Ich führte ferner noch an, daß bei den Aschenanalysen, die nach der früheren Verkohlungsmethode ausgeführt wur-

1) Pogg. Ann. Bd 76, S. 326.

2) Annalen der Chem. u. Pharm. Bd. 73, S. 339.

3) Pogg. Ann. Bd. 80, S. 113.

den, in einigen Fällen die Bestimmung der Phosphorsäure ungenau sey. Auch die phosphorsauren Salze, besonders die neutralen (pyrophosphorsauren) Alkalien erleiden bei ihrer Verkohlung mit organischen Substanzen eine Zersetzung, wie dieß der Versuch bewiesen hat, bei welchem *pyrophosphorsaures Natron* mit Zucker verkohlt wurde ¹⁾. In dem wässrigen Auszuge der Kohle war dreibasisch phosphorsaures Natron (Na^3P), im chlorwasserstoffsäuren Auszuge nur sehr wenig phosphorsaures Natron und eine weit größere Menge von Chlornatrium enthalten. Die rückständige Kohle mußte die übrige Menge der Phosphorsäure enthalten und zwar einen Theil derselben als freie Phosphorsäure, denn die darin enthaltene Menge des Natrons war weit geringer als dem metaphosphorsauren Salze entspricht. Nach der Einäscherung der Kohle und Bestimmung der Phosphorsäure zeigte sich aber ein bedeutender Verlust derselben. Dieser konnte nur dadurch entstanden seyn, daß die in der ausgelaugten Kohle enthaltene freie Phosphorsäure zum Theil als solche, zum Theil durch die Wirkung der Kohle reducirt, beim Einäschern derselben verflüchtigt worden war. Dieser Verlust der Phosphorsäure würde beseitigt worden seyn, wenn die ausgelaugte Kohle mit einer Lösung von einer gewogenen Menge kohlen-sauren Alkalis befeuchtet, eingetrocknet und dann verbrannt worden wäre.

Wird eine verkohlte organische Substanz, deren Asche untersucht werden soll nicht mit Lösungsmitteln behandelt, sondern zur Gewinnung der Asche unmittelbar verbrannt, sey es nun vermittelst Platinschwamm oder in der Muffel oder auf irgend eine andere Weise, so findet eine Zersetzung der phosphorsauren Salze in der angegebenen Weise nicht statt und dann ebenso wenig ein Verlust der Phosphorsäure. Was aber die Bestimmung des Chlors einer Asche anbelangt, so hängt die Genauigkeit derselben von den in der Asche enthaltenen Salzen ab. Der vorher beschriebene Versuch mit dem Chlorkalium und ebenso auch der in die-

1) Pogg. Ann. Bd. 79, S. 421.

sen Annalen Bd. 80, S. 109 mitgetheilte, bei welchem pyrophosphorsaures Natron und Chlornatrium mit Zucker verkohlt und die Kohle vermittelst Platinschwamm verbrannt wurde, haben gezeigt, daß trotz einer möglichst niedrigen Temperatur doch ein bedeutender Verlust von Chlor stattfinden kann. Dieser Verlust wird um so größer, oder das Chlor verschwindet aus einer Asche gänzlich, wenn diese vorzüglich aus metaphosphorsauren Salzen besteht, wie die Untersuchungen des nicht verkohlten und des verkohlten Eigelbs der Hühnereier ¹⁾ gezeigt haben. Dieser Verlust des Chlors beim Einäschern einer organischen Substanz findet aber nicht statt, sobald die Asche reich an kohlen-sauren Alkalien ist, wie dieß durch Versuche auch bestätigt worden ist ²⁾. Handelt es sich daher darum in der Asche einer organischen Substanz besonders genau den Chlorgehalt zu ermitteln, so ist hierzu nothwendig die organische Substanz vor ihrer Verkohlung in einer Platinschale mit einer Lösung von kohlen-saurem Alkali einzutrocknen, da, wenn in der Asche kein kohlen-saures Alkali enthalten ist, schon durch die Verkohlung bei der gelindesten Temperatur Chlor ausgetrieben werden kann. Es ist hierbei aber nothwendig, daß man die ganze Menge der erhaltenen Asche zur Untersuchung verwendet, und sollen die übrigen Bestandtheile in ihr noch bestimmt werden, daß man das Gewicht des angewandten kohlen-sauren Alkalis genau kennt.

Bei den in diesen Annalen Bd. 76, S. 367 und S. 390 beschriebenen Analysen des Ochenbluts und der Kuhmilch hatte ich von der erhaltenen Kohle beider Substanzen eine bedeutende Menge übrig behalten und aufbewahrt. Die Erfahrungen, welche seit dieser Zeit im Betreff der Aschenanalysen gemacht worden sind, ließen es mir der Mühe werth erscheinen die Untersuchungen beider Substanzen zu wiederholen, da hierdurch die bei jener Untersuchungsme-

1) Pogg. Ann. Bd. 79, S. 416.

2) Pogg. Ann. Bd. 80, S. 108.

thode entstandenen Fehler berichtigt werden können, und da die Verschiedenheit in den erhaltenen Resultaten nicht in der Verschiedenheit der Individuen, von denen die Substanzen genommen sind, zu suchen ist.

Die Kohle wurde nach der bekannten in diesen Annalen Bd. 80, S. 101 beschriebenen Methode mittelst Platinschwamm verbrannt. Ich muß hierbei bemerken, daß die Darstellung der Kohle beider Substanzen zu jener Zeit im hessischen Tiegel geschah, und daß aus diesem Grunde der Kieselsäuregehalt der Asche möglicher Weise nicht ganz genau ist.

Die Asche des Ochsenbluts.

Der wäßrige Auszug der Asche reagirte zwar sehr stark alkalisch, gab aber, mit Salpetersäure sauer gemacht, keine Spur Kohlensäure.

Das Gewicht der erhaltenen Asche betrug 3,429 Grm. Der Aschengehalt konnte nicht auf das Blut berechnet werden, da die der Kohle entsprechende Menge des Bluts unbekannt war.

Die Analyse gab folgende Zusammensetzung der Asche:

Chlornatrium	46,66	Proc.
Natron	31,90	-
Kali	7,00	-
Kalkerde	0,73	-
Magnesia	0,24	-
Eisenoxyd	7,03	-
Phosphorsäure	4,17	-
Schwefelsäure	1,16	-
Kieselsäure	1,11	-
	100,00.	

Bei der früheren Analyse ¹⁾ wurde im wäßrigen Auszuge der Kohle Kohlensäure gefunden, die bei der letztern ganz fehlte, sie mußte also bei der Einäscherung vollständig ausgetrieben worden seyn.

1) Pogg. Ann. Bd. 76, S. 370.

Die aus den gefundenen Bestandtheilen berechneten Salze einer Asche haben keinen grofsen Werth, indem hierbei der Willkühr zu viel Spielraum gelassen ist, es kann daher die Menge der Kohlensäure kaum annähernd hierdurch berechnet werden, wenn man auch annimmt, dafs die Phosphorsäure mit den Alkalien und Erden in der Asche zu zweibasischen Salzen verbunden ist, denn es ist nicht wahrscheinlich, dafs sie in animalischen Flüssigkeiten und überhaupt in organischen Substanzen mit den Alkalien Salze bilde, die drei Atome fixer Base enthalten, da diese in ihren Lösungen eine zu geringe Beständigkeit besitzen. Es ist bekannt, dafs pyrophosphorsaures Natron und kohlensaures Natron in Lösung neben einander bestehen können, ohne dafs das pyrophosphorsaure Natron in das dreibasische Salz übergeht. Versuche haben sogar gezeigt, dafs, wenn man die Lösung beider Salze zur Trockne eindampft, aber nicht glüht, diese Veränderung selbst dann auch noch nicht stattgefunden hat ¹⁾).

Was die Verbindung der Phosphorsäure mit der Kalkerde anbelangt, so läfst sich schwer entscheiden, von welcher Zusammensetzung diese in einer organischen Substanz enthalten ist. In einigen Fällen besteht der Niederschlag, den Ammoniak in der sauren Auflösung einer Asche erzeugt, nachdem aus derselben die alkalischen Salze durch Wasser entfernt worden sind, aus dreibasisch phosphorsaurer Kalkerde, bisweilen auch aus Ca^3P^3 , in anderen Fällen besteht er aus zweibasisch phosphorsaurer Kalkerde (Ca^2P). Die phosphorsaure Magnesiasäure ist in dem durch Ammoniak erzeugten und geglühten Niederschlage stets in der Form von Mg^2P enthalten gewesen. Ebenso wenig läfst sich mit Sicherheit entscheiden ob im Blute ein Theil des Eisenoxyds mit Phosphorsäure verbunden ist. Auch die Kieselsäure läfst keine Schlüsse zu, mit welcher Base verbunden, sie in einer Asche zu betrachten ist.

Alle diese Ursachen machen die Berechnung der Koh-

2) Pogg. Ann. Bd. 73, S. 149.

lensäure einer Asche höchst unzuverlässig, und ebenso wenig kann ihre Menge durch directe Bestimmung genau gefunden werden, da sowohl bei der Verkohlung einer organischen Substanz schon Kohlensäure ausgetrieben werden kann und bei weitem mehr noch bei der Einäscherung, bei welcher besonders metaphosphorsaure und pyrophosphorsaure Salze und auch Kieselsäure zersetzend auf kohlen-saure Salze wirken.

Die bedeutende Menge von Alkali, die in der Asche des Blutes bei Gegenwart von geringen Mengen von Phosphorsäure und Schwefelsäure enthalten ist, läßt vermuthen, daß der Gehalt der Kohlensäure ziemlich bedeutend seyn muß. Berechnet man die gefundene Phosphorsäure auf pyrophosphorsaure Salze, so bleibt soviel freies Alkali übrig, daß die demselben entsprechende Menge Kohlensäure 18,72 Proc. der Asche beträgt.

Die Kuhmilch.

Die Kohle wurde mit Platinschwamm verbrannt. Das Gewicht der erhaltenen Asche betrug 10,744 Grm. Der wäßrige Auszug der Asche reagirte alkalisch, gab aber keine Kohlensäure-Entwicklung. Die Untersuchung der Asche gab folgendes Resultat:

Chlorkalium	9,49	Proc.
Chlornatrium	16,23	-
Kali	23,77	-
Kalkerde	17,31	-
Magnesia	1,90	-
Eisenoxyd	0,33	-
Phosphorsäure	29,13	-
Schwefelsäure	1,15	-
Kieselsäure	0,09	-
	<hr/>	
	99,40.	

Die hierbei erhaltenen Resultate stimmen bis auf den Chlorgehalt mit denen der früheren Analyse ¹⁾ sehr gut

1) Pogg. Ann. Bd. 76., S. 392.

überein, bei welcher aus bekannten Ursachen die Menge desselben viel zu gering gefunden worden ist. Auch diese Asche enthält Kohlensäure, doch ist die Menge derselben nicht sehr bedeutend, da die Phosphorsäure die Basen zum grössten Theile sättigt.

*V. Ueber das Gesetz, nach welchem die Einwirkung der Säuren auf den Rohrzucker stattfindet;
von Ludwig Wilhelmy in Heidelberg.*

Der die Polarisationsebene des durch seine Auflösung gehenden Lichts nach rechtsdrehende Rohrzucker wird bekanntlich durch Einwirkung von Säuren in linksdrehenden Schleimzucker verwandelt. Da man nun mit Hülfe eines Polarisationsapparats, namentlich unter Anwendung der Soleil'schen Doppelplatte, mit grosser Leichtigkeit und Sicherheit der Ablesung in jedem Augenblicke bestimmen kann, wie weit diese Umwandlung vorgeschritten ist, so schien mir hierdurch die Möglichkeit gegeben, die Gesetze des in Rede stehenden Vorgangs zu ermitteln, andererseits aber die Aufgabe von Interesse, festzustellen, in welcher Weise die chemische Action, wenigstens in diesem speciellen Falle, der aber gewiss nur ein einzelner Repräsentant einer grösseren Reihe von Erscheinungen seyn wird, — denn in der Natur folgt Alles allgemeinen Gesetzen — abhängig sey von sämmtlichen ihr Eintreten bedingenden Umständen.

Ich glaubte, dass man auf diesem Wege werde feststellen können, in welcher Weise diese Action — ähnlich wie der Dampfdruck und die Ausdehnung der Körper — eine Function der Temperatur sey, in wiefern sie — analog der elektrischen und magnetischen Anziehung und Abstossung — ihrem Werth nach abhängig sey von dem Ab-

stande der Theile, wie sie etwa modificirt werden mögen vom Luftdruck und von der Anzahl der sich in wechselseitiger Einwirkung gegenüberstehenden Moleculé.

Ich gestehe gern ein, daß die Natur dieser Versuche, bei denen es auf ein Urtheil des Auges in Vergleichen zweier Farbentöne ankommt, eine unbedingte Genauigkeit der Resulte nicht gestattet, überdiß weisß jeder, der sich mit derartigen Arbeiten beschäftigt hat, wie sehr man abhängig ist von der Beschaffenheit des Lichts und der Atmosphäre; dennoch glaube ich, daß meine Beobachtungen durch die auffallende Uebereinstimmung, die sie im Allgemeinen zeigen, genügendes Vertrauen in die Richtigkeit der ermittelten Gesetze gewähren können, wenigstens habe ich, was den einzelnen Beobachtungsergebnissen an Zuverlässigkeit abgeht, durch die große Zahl der angestellten Versuche zu ersetzen gesucht. Die in den betreffenden Formeln vorkommenden Constanten werden freilich noch einer Berichtigung bedürfen.

Der Apparat, dessen ich mich bediente, ist von Soleil nach den Angaben von Amici construirt und findet sich in Poggendorff's Annalen Bd. 64, S. 472. Leider befindet sich kein Nonius an der Kreistheilung, so daß die Ablesung, welche oft größere Genauigkeit zugelassen hätte, in den Bruchtheilen eines Grades nur nach ungefährer Schätzung stattfinden konnte. In Fällen, wo es nicht leicht war die genaue Farbenübereinstimmung aufzufinden, oder wo diese überhaupt nicht mehr absolut war, wurde um wenigstens die relativ größte zu erzielen eine doppelte Ablesung an den Punkten gleicher Farbdifferenz zu beiden Seiten vorgenommen, und dann das Mittel genommen. Da die Uebereinstimmung am vollkommensten und die Farbennuance am empfindlichsten wird in der Nähe des Nullpunktes, so wurde, so weit es sich thun ließ, die Zersetzung immer so lange fortgesetzt bis die Flüssigkeit nur noch eine geringe Drehung in dem einen oder andern Sinne hervorbrachte. Große Drehungen, bei denen, wie Hr. Biot gezeigt hat, die Färbung beider Plattenhälften nicht

wieder zur Gleichheit, auch nicht zur annähernden, zurückgeführt werden kann, wurden ohne Anwendung der Platten auf die gewöhnliche Weise bestimmt ').

Die Temperaturen wurden constant gehalten mittelst eines kleinen Apparats aus verzinntem Eisenblech, welcher mit einem Umrührer so wie mit einem Thermometer von willkürlicher Theilung ($3,039 \text{ Div} = 1^\circ \text{ C.}$) versehen war.

Die Glasröhren, welche die Mischungen enthielten, standen in Oeffnungen des Deckels. Das Ganze wurde entweder über eine genau regulirte Spirituslampe gestellt, die ebenso viel Wärme zuführte als die Wandungen des Gefäßes abgaben, oder in ein größeres hölzernes Geräth versenkt, das mit Wasser von gleicher Temperatur gefüllt war. Uebrigens wurde auf die Constanz der Temperatur, deren große Wichtigkeit bald zu erkennen war, die möglichste Sorgfalt verwendet. Die Zahl der Säuren, deren Einwirkung studirt wurde, beschränkte sich vorläufig auf vier, nämlich: Schwefelsäure, Salzsäure, Salpetersäure und Phosphorsäure. Beiläufige Versuche zeigten, daß Oxalsäure ebenfalls den rechtsdrehenden Zucker in linksdrehenden verwandelt, Essigsäure aber, selbst wenn die Mischung in Wasser von 100° versenkt wurde, eine derartige Umkehrung nicht hervorbrachte; beides ist auch schon durch die Versuche Anderer bekannt.

Die erste Frage, welche sich in Bezug auf diesen Vorgang darbot war: ob die Säure selber eine Modification erleide und dadurch theilweis unwirksam werde, oder ob sie, selbst unverändert bleibend, nur den vorhandenen Zucker durch ihre Gegenwart zu einer anderen Anordnung seiner Bestandtheile disponire. Daß der linksdrehende Zucker nicht etwa die Säure in Verbindung enthalte und

- 1) Uebrigens bemerkt auch Hr. Biot, daß bei Drehungen unter 45° die Identität der Bilder noch zu erreichen sey und mit dem Eintreten der *Teinte de passage* zusammenfalle. Bei seinen betreffenden Beobachtungen habe er keine Differenzen zwischen den nach der einen oder anderen Methode gemachten Bestimmungen wahrgenommen. (*Comptes rend. T. 20, p. 1757*).

dafs diese Veränderung im Sinne der Drehung, wenn einmal die entsprechende Modification eingetreten war, nicht mehr abhängig war von der Gegenwart der Säure in der Flüssigkeit, ergab sich aus einem Versuch, durch welchen dargethan wurde, dafs eine durch Schwefelsäure modificirte Zuckerauflösung ihr Drehungsvermögen nach links, seinem Werthe nach abhängig von der Temperatur, unverändert beibehielt, nachdem die Schwefelsäure mit kohlenurem Baryt entfernt war.

Kehren wir zu der erwähnten Frage zurück, so wird es zunächst erforderlich seyn, den Vorgang unter der einen oder anderen Annahme durch eine mathematische Formel auszudrücken und dann zu sehen, ob dieselbe mit den Versuchsergebnissen in Uebereinstimmung sey.

Die beim Beginn noch vorhandene Menge rechtsdrehenden Zuckers sey Z_0 , die Säuremenge S_0 , der Umwandlungscoefficient des Zuckers für die Zeiteinheit sey M ; setzt man nun voraus: 1) dafs die Säure ebenfalls modificirt, d. h. theilweis unwirksam werde, und nennt man ihren Veränderungscoefficienten N , so findet man die Zuckerverluste in den auf einander folgenden Zeiteinheiten:

$$V_1 = M Z_0 S_0, V_2 = M Z_1 S_1, V_3 = M Z_2 S_2 \text{ etc.}$$

ebenso die Säureverluste:

$$v_1 = N Z_0 S_0, v_2 = N Z_1 S_1, v_3 = N Z_2 S_2 \text{ etc.}$$

Es ist aber:

$$Z_1 = Z_0 - V_1, Z_2 = Z_1 - V_2 \text{ etc.}$$

$$S_1 = S_0 - v_1, S_2 = S_1 - v_2 \text{ etc.}$$

oder

$$Z_1 = Z_0 (1 - M S_0) = Z_0 - \Delta Z$$

$$S_1 = S_0 (1 - N Z_0) = S_0 - \Delta S$$

mithin

$$Z_2 = Z_1 (1 - M S_1) = (Z_0 - \Delta Z) [1 - M(S_0 - \Delta S)]$$

oder, wenn man das Product der beiden sehr kleinen Grössen M und ΔS vernachlässigt:

$$Z_2 = Z_0 (1 - M S_0)^2.$$

Eben-

Ebenso:

$$S_2 = S_1(1 - NZ_1) = S_0(1 - NZ_0)[1 - N(Z_0 - \Delta Z)] \\ = S_0(1 - NZ_0)^2$$

daher:

$$V_1 = MZ_0S_0, \quad V_2 = MZ_0S_0(1 - MS_0)(1 - NZ_0)$$

$$V_3 = MZ_0S_0(1 - MS_0)^2(1 - NZ_0)^2 \text{ etc. etc.}$$

und die Summe aller Verluste in der Zeit T :

$$V = \int_0^T MZS(1 - MS)^r(1 - NZ)^r dt.$$

$$V = \frac{MZS[(1 - MS)^r(1 - NZ)^r + C]}{1:(1 - MS) + 1:(1 - NZ)}.$$

Da für $T=0$ $V=0$, so ergibt sich $C=-1$ und

$$V = \frac{MZS[1 - (1 - MS)^r(1 - NZ)^r]}{NZ + MS},$$

wenn man unter Berücksichtigung des unendlich kleinen Werthes von M und N die Logarithmen durch das erste Glied der entsprechenden Reihen ausdrückt. Nach langen Zeiträumen wird dann:

$$V = \frac{MZS}{NZ + MS}$$

und wenn man den unverändert gebliebenen Zucker mit R bezeichnet:

$$R = Z - V = \frac{NZ^2}{NZ + MS} = \frac{Z}{1 + \frac{MS}{NZ}}$$

Unter der gemachten Voraussetzung würde R niemals $=0$ werden können, auch würde sein Werth abhängig seyn von dem Bruch $\frac{MS}{NZ}$, mithin von der angewendeten Säuremenge S . Die in Tabelle I zusammengestellten Versuche beweisen, daß letzteres nicht der Fall, mithin die gemachte Annahme unzulässig ist, die Säure daher unverändert bleibt und nur der Zucker modificirt wird.

Tabelle I.

Z.	S.	T.	D.
+ 23°,25	3 Grm. Salzsäure	100 ^h	— 7°,5
„	2 Grm. „	„	— 7°,5
„	1 Grm. „	„	— 7°,5
+ 45°	2 Grm. „	144 ^h	— 15°,25
„	1 Grm. „	192 ^h	— 14°,75
„	0,5 Grm. „	„	— 15°

(Darin bedeutet *D* die Ablesung nach der Zeit *T*.)

Unter dieser letzteren Voraussetzung kann man aber die Formel, welche den chemischen Vorgang darstellt, in folgender Weise entwickeln:

Es seyen die oben eingeführten Bezeichnungen beibehalten, dann ist dZ der Zuckerverlust in dem Zeit-Element dT und zwar nehme man an, derselbe sey bestimmt durch die Formel:

$$-\frac{dZ}{dT} = MZS,$$
 worin *M*, wie vorher, den mittleren Werth der unendlich kleinen Quantität der Zuckereinheit bedeutet, welche in Zeitelement durch die Einwirkung jeder vorhandenen Säureeinheit umgewandelt wird.

Obige Gleichung giebt durch Integration:

$$\log Z = - \int_0^T MS dT,$$

oder da, wie bereits gezeigt, *S* constant, andererseits auch *M* unabhängig ist von *Z* und daher zugleich von *T*, welches später noch durch Versuche nachgewiesen werden soll:

$$\log Z = - MST + C.$$

Für $T = 0$ ist $Z = Z_0$, mithin:

$$\log Z_0 - \log Z = MST \text{ oder } Z = Z_0 e^{-MST}$$

Dieser letzteren Formel wird man sich, da darin Z_0 , *S* und *T* gegeben, *Z* durch den Versuch bekannt ist, zur Bestimmung von *M* bedienen können, wobei indeß zu be-

merken ist, daß die erhaltenen endlichen Werthe zugleich noch einen unendlich großen Factor, nämlich die Anzahl der in der Zeiteinheit enthaltenen Zeitelemente, einschließen.

Die hier gestellte Aufgabe wird nun darin bestehen, zu ermitteln, ob und in welcher Weise M abhängig sey von den verschiedenen physikalischen Bedingungen des Vorganges, also ob und in welcher Art M eine Function sey der Zeit, der Zuckermenge, der Säuremenge, der Menge des Auflösungsmittels, der Qualität der Säure, der Temperatur und des Luftdrucks. Diese Fragen zu beantworten, soll in dem Folgenden der Reihe nach versucht werden.

Zuvor ist aber noch ein für die Berechnung der Versuche wichtiger Punkt zu erörtern. Durch die Einwirkung der Säure auf den Zucker wird bekanntlich nicht nur ein Antheil des rechtsdrehenden Zuckers fortgenommen, sondern auch in entgegengesetzt drehenden verwandelt. War mithin die Drehung ursprünglich $= Z^{\circ}$, so wird sie, nachdem ein um X° drehendes Zuckerquantum umgewandelt worden, nur noch $= (Z - X - \mu X)^{\circ}$ seyn. Um aus dieser durch Beobachtung gegebenen Größe X selbst zu finden, wird man μ kennen müssen. Hr. Biot hat für μ d. h. für die Größe, welche angiebt, um wie viel eine Zuckermenge, die um 1° rechtsdrehend wirkte, nach der Umkehrung links dreht, den Namen des Inversions-Coëfficienten eingeführt. Mit X ergiebt sich dann auch $Z = Z_0 - X$. Die Bestimmung des Inversions-Coëfficienten hat mir Anfangs Schwierigkeiten gemacht, auch Hr. Biot ist in seinen Angaben über denselben schwankend gewesen. In seiner Arbeit über den Zuckergehalt des Mais ¹⁾ giebt er für μ

für Salzsäure $= 0,38$

für Schwefelsäure $= 0,3867$,

bemerkt aber selbst, daß er sehr abweichende Resultate erhalten habe, die er indeß auf verschiedene Reinheit des Zuckers schieben zu können meint. In einem späteren Aufsatz ²⁾ giebt er sodann:

1) *Comptes rend.* 15, 529.

2) *Comptes rend.* 17, 757.

für Schwefelsäure $\mu = 0,417$
 für Salpetersäure $\mu = 0,394$
 für Salzsäure $\mu = 0,38$.

Hierbei ist zunächst zu bemerken, daß Hr. Biot, so viel mir bekannt ist, sich nicht darüber ausspricht, für welche Temperatur diese Coëfficienten gelten sollen; da aber das Drehungsvermögen des Schleimzuckers abhängig ist von der Temperatur, so muß auch der Werth von μ nach der Temperatur der Ablesung verschieden ausfallen. Will man daher den Werth von μ für jede Temperatur kennen, so muß man zunächst das Gesetz ermitteln, nach welchem das Drehungsvermögen des Schleimzuckers von der Temperatur abhängig ist.

So viel mir bekannt, existiren über diese Abhängigkeit keine genauen Versuche. Hr. Clerget berücksichtigt zwar dieselben beim Aufstellen seiner Tabellen¹⁾ theilt aber keine Versuchsreihe mit, worauf er seine Annahmen über das in Rede stehende Gesetz begründet hätte. Unter diesen Umständen schien es mir nothwendig mir über diesen Gegenstand durch einige Versuche Auskunft zu verschaffen.

Somit ergaben sich mir als unerläßliche Ergebnisse für die Hauptfrage:

1) die Ermittlung des Gesetzes, nach welchem das Drehungsgesetz des Schleimzuckers von der Temperatur abhängt.

2) die Bestimmung des Umkehrungscoëfficienten.

Ich lasse die Resultate, zu denen ich über diese beiden Punkte gelangt bin, nachstehend folgen.

1. Gesetz, nach welchem das Drehungsvermögen des Schleimzuckers von der Temperatur abhängt.

Ich liefs mir zu den hierauf bezüglichen Versuchen einen kleinen Apparat construire, welcher mir gestattete die Temperatur der Zuckerlösung auf dem Polarisationsapparat genau zu bestimmen und möglichst constant zu erhalten. Ein dünnes Silberrohr, von 250^{mm} Länge und 10^{mm}

1) *Ann. de chim. et de phys. Sér. III. T. 26, p. 201.*

innerer Oeffnung, stand in der Axe einer 57^{mm} weiten Holzbüchse, welche oben und unten mit aufzuschraubenden Messingkappen versehen war. Letztere waren passend durchbohrt, so daß ein Thermometer (das oben erwähnte mit willkürlicher Skale) und eine Umrührvorrichtung angebracht werden konnte. Die Zuckerlösung war mit Salzsäure umgekehrt worden, da ich mir aber leider kein chemisch reines Silberrohr verschaffen konnte, so wurde die Säure nach beendigter Einwirkung mit Natron gesättigt, nachdem ich mich überzeugt hatte, daß dadurch das Drehungsvermögen der Flüssigkeit und der Einfluß der Temperatur auf dasselbe nicht beeinträchtigt wurde. Diefß hatte überdies noch den Vortheil, mich gegen eine ferne Wirkung der Säure auf den Zucker sicher zu stellen, welche jedenfalls die Versuche unzuverlässig gemacht haben würde. Das Silberrohr war oben und unten mit aufge kitteten Glasplatten verschlossen. Die Büchse wurde mit Wasser gefüllt und auf den Träger des Polarisationsapparats gestellt, dann konnte mit Leichtigkeit und fast gleichzeitig, nach erfolgtem Umrühren des erwärmten Wassers, die Temperatur und die Drehung abgelesen werden. Man gab dem Wasser im Anfange des Versuchs die höchste Temperatur, welche der Kitt ertrug und ließ es dann allmählig erkalten, indem man von Zeit zu Zeit einen Theil des Wassers mit einer Pipette entfernte, Eiswasser und Eis hinzusetzte, anhaltend umrührte und dann die Beobachtung anstellte. Die Mittheilung der Temperatur von der äußern Flüssigkeit an die Zuckerauflösung im Innern des dünnen und engen Silberrohrs ging sehr schnell von Statten, wenigstens habe ich immer wahrgenommen, daß jede Temperatur-Erniedrigung sofort auch eine Drehungszunahme zur Folge hatte. In der nachstehenden Tafel gebe ich die Resultate der Versuchsreihen, der beiden letzten, welche ich angestellt habe.

Tabelle II.

Scalen- Thermo- meter.	Drehung		Differenz.	Scalen- Thermo- meter.	Drehung		Diffe- renz.
	beob- achtet.	berech- net.			beob- achtet.	berech- net.	
+ 250 ¹⁾	19°	19°,11	+0,11	+ 171,5	28°,75	28°,88	+0,13
+ 248	19,5	19,36	-0,14	169,75	29,5	29,11	-0,39
+ 241,5	20,25	20,17	-0,08	160,5	30,5	30,25	-0,25
241	20,5	20,23	-0,27	+ 156,5	30,5	30,75	+0,25
+ 237	21	20,73	-0,27	152,5	31,5	31,25	-0,25
234	21	21,10	+0,10	150	31,56	31,56	-0,00
+ 232	21,5	21,25	-0,25	+ 148,5	31,75	31,75	+0,00
229	22	21,72	-0,28	148	32,5	31,81	-0,69
224	22,5	22,35	-0,15	+ 142,5	32,25	32,49	+0,24
+ 222	22,5	22,60	+0,1	141,5	33	32,62	-0,38
+ 218	23,49	23,09	-0,4	+ 134	33	33,55	+0,55
213,5	24	23,65	-0,35	132,5	34,25	33,74	-0,51
+ 206	24,5	24,59	+0,09	+ 129	34	34,18	+0,18
198	26	25,58	-0,42	127,5	35	34,36	-0,64
+ 194	26	26,08	+0,08	+ 121	35	35,17	+0,17
188	27	26,83	-0,17	+ 115,5	35,5	35,85	+0,35
+ 184	28	27,33	-0,67	-	36	36,10	+0,10
177	28,5	28,20	-0,3				

Die mit einem + bezeichneten Beobachtungen gehören der zweiten Versuchsreihe an.

Zwei frühere Reihen gaben ähnliche, jedoch nicht ganz so übereinstimmende, Resultate, wovon aber der leicht ersichtliche Grund in Vernachlässigung kleiner Vorsichtsmafsregeln zu suchen war. Ich hätte die Versuchsreihen gern bis 0° und unterhalb ausgedehnt, doch hinderte mich daran, obwohl die Auflösung noch bei -10° vollkommen flüssig blieb, das Bethauen der Glasplatten; bei niedriger äußerer Temperatur werde ich diesen Mangel zu ergänzen suchen.

Auf der Scale des angewandten Thermometers lag der Punkt des schmelzenden Eises bei 91,5 Div., 1° C. war = 3,039 Div. Aus einer gegebenen Drehung D bei x Div. kann man die Drehung Δ bei y Div. berechnen nach der Formel:

$$\Delta = D[1 - 0,003945(y - x)],$$

so sind die auf der Tabelle II. zusammengestellten Werthe

1) 250 Scalen-Theile = 52°,15.

2) 113,5 Scalen-Theile = 6°,91.

gefunden, welche mit dem durch Beobachtung ermittelten sehr gut übereinstimmen. Für die Berechnung wurde $x=150$ genommen. Führt man statt der Scalen-Abtheilungen Centesimalgrade ein, so verwandelt sich die Formel in:

$$\Delta = D[1 - 0,012(\tau - t)],$$

wonach man also die Drehung Δ des Zuckers bei τ° , aus der bekannten Drehung D bei t° berechnen kann, was dem von Clerget angewandten Werth sehr nahe zu kommen scheint. Darnach kann man dann auch die Werthe des Umkehrungscoefficienten für alle Temperaturen aus dem für eine Temperatur t gefundenen sehr leicht bestimmen. Sind nämlich μ und D , μ' und Δ Coefficienten und Drehung für t° und τ° so ist: $\mu = \frac{D}{Z}$, worin Z die ursprüngliche Drehung nach Rechts bedeutet; ferner:

$$\mu' = \frac{\Delta}{Z} = \frac{D[1 - 0,012(\tau - t)]}{Z}$$

$$\mu' = \mu[1 - 0,012(\tau - t)].$$

Dieser Formel habe ich mich bei Berechnung meiner Versuche bedient, um den Umkehrungscoefficienten für die Temperatur der Beobachtung aus dem für 15° bekannten zu berechnen.

2. Bestimmung des Umkehrungscoefficienten.

Bei der Bestimmung der GröÙe μ für die verschiedenen Säuren erhielt ich anfangs in zahlreichen Versuchen fortwährend schwankende Werthe und zwar stets kleinere als die von Biot angegebenen, offenbar, weil es mir nicht gelang den rechten Moment der beendigten Einwirkung zu erfassen, die Beobachtung vielmehr bald zu früh, bald zu spät angestellt war. Endlich kam ich auf den Gedanken sehr große Säuremengen zur Umwandlung des Zuckers anzuwenden; so mischte ich 10 Grm. der Zucker-Auflösung (Zuckergehalt: 4854 Mllgrm.) mit

5 Grm. Schwefelsäure (spec. Gew. = 1,8103)

oder 6 Grm. Salpetersäure (spec. Gew. = 1,2004)

oder 6 Grm. Salzsäure (spec. Gew. = 1,201).

Die Umkehrung war dann sehr schnell beendet, ich konnte den ganzen Vorgang im Polarisationsapparat selbst verfolgen und mit Leichtigkeit den Punkt des Maximums der Drehung nach Links bestimmen. Ich führe die mit Schwefelsäure angestellte Beobachtungsreihe nachstehend auf:

Drehung nach Rechts vor der Mischung: $36^{\circ},5$

die Mischung erfolgte um $6^h\ 3'$

Beobachtung, Drehung

nach Links um	$6^h\ 18'$	12°	$(T = 20^{\circ},5)$
	$6^h\ 30'$	$13^{\circ},5$	
	$6^h\ 37'$	14°	$(T = 21^{\circ})$
	$7^h\ 45'$	14°	
	$8^h\ 45'$	$14^{\circ},25$	$(T = 22^{\circ})$
	$9^h\ 45'$	14°	$(T = 22^{\circ},5)$
	$2^h\ 45'$	13°	$(T = 21^{\circ},5)$
	$3^h\ 55'$	$13^{\circ},25$	

Reducirte ich die bei der Temperatur der Ablesung gefundenen Werthe von μ' auf die Normaltemperatur 15° , so ergab sich mir:

für Schwefelsäure $\mu = 0,425$

für Salpetersäure $\mu = 0,399$

für Salzsäure $\mu = 0,386$.

Diese Zahlen weichen nur in der dritten Stelle von den Biot'schen ab; eine Temperatur-Veränderung von weniger als 1° entspricht schon dieser Differenz, ich begnügte mich daher mit dem gefundenen Werthe ohne eine Wiederholung der Versuchsreihen anzustellen, da es obnebin zur Erzielung einer größern Schärfe in der Bestimmung von μ nothwendig seyn würde mit längeren Flüssigkeitssäulen zu arbeiten (die von mir angewendete Röhre hatte eine Länge von 150^{mm}), überdiess auch kleine Veränderungen von sehr geringem Einfluß auf die Berechnung sind. Für Phosphorsäure, mit welcher ich wegen der Langsamkeit ihrer Einwirkung nicht auf gleiche Weise verfahren konnte, nahm ich der Analogie nach und in Folge anderweitiger Beobachtungen: $\mu = 0,45$.

Nach diesen Vorarbeiten kann ich jetzt dazu übergehen die im Früheren entwickelte Formel:

$$lZ_0 - lZ = MST$$

auf die angestellten Versuche anzuwenden.

A. Einfluss der Zeit.

Es wurden 10 Grm. Zuckerlösung (Drehung $46^{\circ},8r$) mit 2 Grm. Salpetersäure (spec. Gew. 1,2042) gemischt und in dem Apparat (Röhrenlänge 150^{mm}, Inhalt 13,850 Mgr. destill. Wasser bei 15°) der Verlauf der Einwirkung während eines Tages beobachtet. Die Ablesungen gaben folgende Reihen von Drehungswerthen, wobei zu bemerken ist, dass die Temperatur des Raums und der Flüssigkeit beim Beginn der Beobachtung $= 15^{\circ},5$ war, sich allmählig ein wenig erhöhte, um 1^h 30' ihr Maximum bei 18° erreichte, und dann bis zum Schluss des Versuchs langsam auf $14^{\circ},5$ sank. Dem entsprechend wurden die Reste mit dem Umkehrungs-Coëfficienten $\mu = 0,3966$ abnehmend bis 0,3846 und wachsend bis 0,404 berechnet; so erhielt man die Werthe des Ausdrucks

$$\frac{\log Z - \log Z_0}{MS}$$

Bei der Berechnung wurden der Bequemlichkeit halber Briggs. Logarithmen angewendet, was ohne Nachtheil geschehen konnte, da es nur auf das Verhältniss der Zahlen zu einander, nicht auf deren absolute Werthe ankommt. Die so gefundenen Zahlen sind in Tabelle III. zusammengestellt.

Tabelle III.

T.	Drehung.	$\frac{\log Z_0 - \log Z^*)}{M \cdot S}$	t.
	+ 46°,75	vor der Mischung	
8 ^h	Mischung der Säure mit der Zuckerlösung		
8 ^h 15'	+ 43°,75		15°,5
» 30	+ 41		
» 45	+ 38,25		
9 ^h	+ 35,75	0,0801671	
9 ^h 15	+ 33,25		
» 30	+ 30,75		
» 45	+ 28,25		
10 ^h	+ 26	0,1661271	
10 ^h 30	+ 22		
11 ^h	+ 18,25	0,2504869	
11 ^h 30	+ 15		
12 ^h	+ 11,5	0,3393678	
12 ^h 30	+ 8,25		
1 ^h 30	+ 2,75	0,4882238	18°
2 ^h 30	- 1,75	0,5859208	16°
3 ^h 30	- 4,5	0,6628879	
4 ^h 30	- 7	0,7470561	15°
5 ^h 30	- 8,75	0,8173016	
6 ^h 30'	- 10	0,8752936	14°,5

Wie man sieht, sind die gefundenen Zahlen den abgelaufenen Zeiten sehr nahe proportional, wodurch die Richtigkeit der Formel: $Z = Z_0 e^{-\frac{t}{MST}}$ in Beziehung auf T bestätigt wird. Die kleine Abweichung von der Proportionalität ist aus den Temperaturschwankungen zu erklären, worauf ich noch näher zurückkommen werde. Eine nothwendige Folge der Gleichung ist übrigens, daß Z erst für $T = \infty$ Null werden kann, mithin die Umwandlung des Zuckers, strenge genommen, niemals beendigt ist, wenn gleich sehr bald wegen der Gleichheit des Restes eine weitere Abnahme unmerklich ist.

B. Einfluß der Zuckermenge.

Es ist schon früher bemerkt worden, daß der Umwandlungscoefficient M unabhängig ist von der Zuckermenge;

*) Z wird aus der beobachteten Drehung D gefunden nach der Formel:

$$Z = Z_0 - \frac{Z_0 - D}{1 + \mu}.$$

dies ergibt sich aus der bereits mitgetheilten Beobachtungsreihe. Berechnet man nämlich für jeden Zeitabschnitt M mittelst der Formel:

$$M = \frac{\log Z_0 - \log Z}{T} \cdot \frac{1}{5}$$

so erhält man folgende Werthe:

$$M = 0,0204467 \cdot \frac{1}{5} \quad (t = 15^{\circ},5)$$

$$M = 0,0197215 \quad "$$

$$M = 0,0204460 \quad "$$

$$M = 0,0195529 \quad "$$

$$M = 0,0204748 \quad "$$

$$M = 0,0214880 \quad "$$

$$M = 0,0226069 \quad "$$

$$M = 0,0213903 \quad "$$

$$M = 0,0210030 \quad "$$

$$M = 0,0202667 \quad "$$

$$M = 0,0241737 \quad "$$

$$M = 0,0240091 \quad "$$

$$M = 0,0252094 \quad " \quad t = 18^{\circ} \text{ (Maximum der Temperatur)}$$

$$M = 0,0244242 \quad "$$

$$M = 0,0192418 \quad "$$

$$M = 0,0210170 \quad "$$

$$M = 0,0175614 \quad "$$

$$M = 0,0142906 \quad " \quad t = 14^{\circ},5.$$

Die geringen Schwankungen im Werthe von M entsprechen der Temperatur, deren Einfluss in einem besondern Abschnitt nachgewiesen werden soll; somit bleibt also M constant, während die in der Flüssigkeit befindliche Zuckermenge von 46,75 bis 6,23 abgenommen hat.

Die Unabhängigkeit der Größe M von der Zuckermenge wurde noch durch besondere Versuche nachgewiesen. Man ermittelte aus jedem der gleichzeitig und bei gleicher Temperatur angestellten Versuche, wobei außerdem die Säuremenge S und die Wassermenge W in den Mischungen constant war, M mittelst der Formel $\log Z_0 - \log Z = MST$. Die näheren Umstände und Resultate ergeben sich aus Tabelle IV.

Tabelle IV.

Z_0	Wasserfreie Salpeters. S.	W .	T .	D .	M .
45°	0,2815 ^r	7,5425 ^r	13 ^b	+ 4°,25	0,1240
36	»	»	»	+ 3	0,1267
27	»	»	»	+ 2	0,1290
18	»	»	»	+ 1,25	0,1301
9	»	»	»	+ 1	0,1201

Z ist, wie immer, mittelst D aus der vorerwähnten Formel

$$Z = Z_0 - \frac{Z_0 - D}{1 + \mu},$$

berechnet.

(Schluß im nächsten Heft.)

VI. Ueber die Wirkung des einfachen Schließungs- drahtes der Batterie auf sich selbst; von P. Riefs.

Dafs der Entladungsstrom der elektrischen Batterie auf die Masse des Schließungsdrahtes selbst inducirend wirkt, ist bekannt; wenn man an zwei Punkten des Drahtes Ableitungen anbringt und mit einander verbindet, so läßt sich die Wirkung des inducirten Stromes theils direct nachweisen, theils ist sie, wie ich gezeigt habe (Annal. 63, 501), in den Störungen merklich, welche die Gesetze der Zweigströme erfahren. Daraus folgt aber nicht, dafs im einfachen Schließungsdrahte der inducirte Strom eine merkliche Wirkung hervorbringen werde, da er hier nicht in sich zurücklaufen kann und daher stets sehr schwach im Verhältnisse zum Entladungsstrom bleibt. Es mußte experimentell ausgemacht werden, ob der Entladungsstrom eine Aenderung erfahre durch gegenseitige Annäherung zweier Theile des Schließungsbogens. Ich habe vor langer Zeit (Annal. 50, 19) 26 Fufs eines Schließungsdrahtes zu zwei ebenen Spi-

ralen gewunden und die Erwärmung im übrigen Theile des Schließungsdrahtes untersucht, während die Spiralen von einander entfernt oder einander nahe gebracht, in gleichem oder entgegengesetztem Sinne mit einander verbunden waren. Es wurden keine Unterschiede der Erwärmung gefunden, denen eine Bedeutung zugeschrieben werden konnte. Später hat Hankel ähnliche Versuche mit 317 Fufs Draht angestellt, die zu zwei cylindrischen Spiralen gewunden waren (Annal. 69, 331), zur Prüfung des Entladungstromes aber nicht die Erwärmung eines Drahtes, sondern den Magnetismus von Stahladeln benutzt, die dem Schließungsdrahte nahe lagen und durch successiv gesteigerte Ladungen der Batterie magnetisirt wurden. Die Perioden der Magnetisirung wurden verschieden gefunden, je nach der Verbindung der Spiralen mit einander, und als Resultat der Untersuchung wird ausgesprochen, dafs „der Einfluß des Schließungsdrahtes auf sich selbst darin besteht, die anomalen (Magnetisirungs-) Perioden zu verstärken und zu erweitern, so dafs sie den normalen mehr gleich werden“. Hiermit ist ein interessantes ganz specielles Factum gewonnen, die allgemeine von mir angeregte Frage aber unerledigt gelassen. Wird in einem Schließungsbogen dadurch, dafs zwei Theile des Bogens in bestimmter Weise einander nahe gebracht werden, die Erwärmung verstärkt oder geschwächt oder bleibt sie unverändert? Die Magnetisirungsversuche entscheiden für keinen dieser Fälle. Selbst die Unveränderlichkeit der Erwärmung wäre möglich, da nach Savary's und Hankels Versuchen die Magnetisirungsperioden geändert werden durch Vertauschung eines Drahts im Schließungsbogen mit einem andern Drahte von gleichem Verzögerungswerthe. Es läßt sich also aus der Aenderung der Magnetisirung durch den Schließungsbogen nicht schliessen, dafs die Erwärmung im Bogen geändert sey. Ich war daher zur Entscheidung der obigen Frage genöthigt, auf meine früheren Versuche, nur mit kräftigeren Apparaten, zurückzugehen. Zwei ebene Spiralen, von welchen jede aus $53\frac{1}{2}$ Fufs eines in 31 Win-

dungen gelegten Kupferdrahtes bestand, wurden hinter einander in den Schließungsbogen einer Batterie eingeschaltet, der ein empfindliches Luftthermometer enthielt. Die Verbindung der Spiralen mit dem Bogen und unter sich wurde entweder so gemacht, daß der Entladungsstrom in den beiden Spiralen an gleicher Stelle (Centrum oder Rand), oder so, daß er an ungleicher Stelle eintrat, der Strom also in den Spiralen gleiche oder entgegengesetzte Richtung besaß. Die Spiralen wurden zuerst bis etwa 9 Zoll von einander entfernt und schief gestellt (daß die Verbindungslinie ihrer Centra mit ihren Ebenen schiefe Winkel bildete) und die folgenden Erwärmungen beobachtet. Die Kugeln der Maafsflasche waren $\frac{1}{2}$ Linie von einander entfernt. Die Erwärmung für die Einheit der Ladung ist der Mittelwerth der Constante a in der Formel $\theta = a \frac{q^2}{4}$.

		Entladungsstrom in den Spiralen:	
		gleichlaufend.	entgegenlaufend.
Flaschenzahl a .	Elektricitätsmenge q .	Erwärmung θ .	
3	6	13,5	13,2
	8	22,2	22,7
	10	34,9	34,0
4	6	10,5	10,4
	8	17,5	17,7
	10	27	27
5	6	8,5	8,8
	8	14,7	14,8
	10	21,8	21,5
Einheit der Ladung		(1,11)	(1,11).

Die Gleichheit der Erwärmung bei gleichlaufendem und entgegenlaufendem Strome läßt nach dem Folgenden schließen, daß, wie es die Absicht war, die Spiralen in der gewählten Lage nicht auf einander wirkten. Die Spiralen wurden nun normal einander gegenübergestellt und bis auf 1 Linie genähert. Die folgenden, bei gleicher Verbindung der Spiralen angestellten, Beobachtungen sind nur darin verschieden, daß in der ersten Verticalreihe das Thermo-

meter, in der zweiten die Spiralen der inneren Belegung der Batterie zunächst standen.

Entladungsstrom in den Spiralen gleichlaufend.			
Flaschenzahl.	Elektricitätsmenge.	Erwärmung.	
3	6	11,9	11,8
	8	20	20,6
	10	31,5	30,8
4	6	9,2	9,3
	8	15,6	16,1
	10	24,0	24,8
5	6	7,8	7,8
	8	13	13,2
	10	19	19,2
Einheit der Ladung		(0,98)	(0,99).

Entladungsstrom entgegenlaufend.			
3	6	14,1	14,7
	8	23,3	21,4
	10	36,5	37,0
4	6	11,2	10,6
	8	18,9	18,6
	10	28	27,7
5	6	9,2	9,4
	8	15,8	14,7
	10	23,7	23
Einheit der Ladung		(1,18)	(1,17).

Es findet also eine Aenderung des Entladungsstromes dadurch statt, daß ein Theil des Schließungsdrahtes einem andern ihm parallelen Theile nahe gebracht worden ist, und zwar eine Verstärkung oder eine Schwächung je nach der relativen Richtung des Entladungsstromes in den nahe liegenden Theilen. Um für die Anordnung des Versuches einen kurzen Ausdruck zu haben, denke man sich einen Schließungsbogen successiv in drei Formen gebracht: gerade ausgespannt, in Uform, in Nform (die parallelen Schenkel der letzten Formen einander sehr nahe gerückt); die Entladung einer Batterie durch das N giebt den schwäch-

sten, durch die gerade Linie den mittleren, durch das U den stärksten Strom. Im Allgemeinen ist die Aenderung des Stromes so gering, daß bei den gewöhnlichen Batterieversuchen auf die Form des Schließungsbogens keine Rücksicht zu nehmen ist. Um die Erscheinung hier zweifellos herauszustellen, mußten von einem Schließungsbogen, der nicht über 119 Fufs lang war, 107 Fufs in der Entfernung von 1 Linie und in der so günstigen Lage der ebenen Spirale auf einander wirken, wobei die entferntesten Punkte dieser Drahtlänge nicht über 1 Fufs von einander entfernt blieben. Bei den zur Ersparung des Raums im Schließungsbogen häufig benutzten Drahtschrauben ist die Höhe eines Ganges viel kleiner als der Durchmesser der Schraube; die Aufwindung eines Drahtes zu einer Schraube muß daher, wie die N form, principiell den Strom schwächen.

In den angeführten Versuchsreihen war die Verbindung der Spiralen mit einander durch einen 29 Zoll langen, $\frac{3}{4}$ Linie dicken Kupferdraht bewirkt worden. Die gemessenen Ströme hatten nahe die folgenden Verhältnisse:

Ohne Einwirkung der Spiralen.	Gleichlaufender Strom. Verbindung d. Spiralen.	Entgegenlaufender Strom. Verbindung d. Spir.
100	89	106.

Der Verbindungsdraht wurde mit einem $39\frac{1}{2}$ Zoll langen, $\frac{1}{2}$ Linie dicken Neusilberdrahte vertauscht. Aus 27 Beobachtungen wurden für die Ströme die Zahlen gefunden:

100	91	106.
-----	----	------

Als endlich ein Stahldraht von $34\frac{1}{2}$ Zoll Länge, $\frac{3}{4}$ Linie Dicke als Verbindungsdraht gebraucht wurde, erhielt ich die Zahlen:

100	88	109.
-----	----	------

Die Erscheinung ist also unabhängig von dem Verzögerungswerthe des Drahtes, der die beiden Spiralen verbindet, da hier bei sehr verschiedenen Verzögerungswerthen nahe dieselben Verhältnisse der Ströme gefunden worden sind. In allen drei Beispielen ist die Verstärkung des Stro-

Stromes geringer, als die Schwächung, was daher nicht als zufällig betrachtet werden darf.

Der hier thatsächlich ermittelte Satz lautet:

Zwei einander parallele nahestehende Theile des Schließungsbogens der Batterie wirken auf einander ein. Der Entladungsstrom wird durch diese Einwirkung geschwächt, wenn er beide Theile in gleicher, und verstärkt, wenn er sie in entgegengesetzter Richtung durchläuft.

Der Satz ist mit früher gemachten Erfahrungen in folgender Weise in Verbindung zu bringen. Jeder Schenkel des in *N*- oder *U*form gelegten Schließungsbogens erregt in dem zweiten, ihm parallelen Schenkel einen, dem Entladungsstrom gleichgerichteten Nebenstrom, der den ganzen Schließungsbogen durchläuft. Die Masse des Schließungsbogens leitet gleichzeitig zwei Ströme, den Entladungsstrom und den Nebenstrom, von welchen der letzte Strom verhältnißmäßig sehr schwach ist und nicht unmittelbar vermag, die Wirkung des Entladungsstroms im Thermometer merklich zu verstärken. Ich habe früher aus den merkwürdigen Erscheinungen der Rückwirkung des Nebenstromes auf den Hauptstrom geschlossen, daß der Hauptstrom verzögert wird, wenn jede seiner Partialentladungen einen ihr gleichgerichteten Nebenstrom in ihrer Nähe findet (Ann. 49, 397). Giebt man dieser Hypothese den Zusatz, daß bei entgegengerichtetem Nebenstrom (ein Fall, der dort nicht vorkam) eine Beschleunigung des Hauptstromes eintritt, so sind die hier aufgefundenen Erscheinungen erklärlich. Es ist sogleich ersichtlich, daß bei der *U*form des Schließungsbogens jede Partialentladung der Batterie einen ihr entgegengerichteten Nebenstrom treffen muß, der ihre Dauer vermindert, bei der *N*form einen gleichgerichteten, der ihre Dauer verlängert. Es wird also im ersten Falle ein stärkerer, im letzten ein schwächerer Entladungsstrom gefunden werden müssen, als wenn der Schließungsdraht in gerader Linie ausgespannt ist.

VII. *Allgemeine Methode zur Messung der Geschwindigkeit des Lichts in Luft und durchsichtigen Mitteln; relative Geschwindigkeiten des Lichts in Luft und Wasser; Project eines Versuchs über die Fortpflanzungs-Geschwindigkeiten der strahlenden Wärme; von Hrn. L. Foucault.*

(Compt. rend. T. XXX. p. 551. Mit einigen Abkürzungen.)

Die neue experimentelle Methode, welche ich zur Bestimmung der Geschwindigkeit des Lichts, bei Fortpflanzung durch eine kleine Strecke, vorschlage, gründet sich auf Anwendung des von Hrn. Wheatstone erfundenen rotirenden Spiegels, auf dessen Brauchbarkeit zur Lösung von dergleichen Aufgaben bereits Hr. Arago hingewiesen hat. Der rotirende Spiegel, verbunden mit einem angemessenen optischen Apparat, gestattet in der That, die Dauer eines doppelten Durchgangs des Lichts durch eine 3 Meter lange Wassersäule wenigstens bis auf ein Dreißigstel auszumitteln, und wenn man bloß beabsichtigt, in Luft zu operiren, so erlaubt dieser Apparat, bei geringer Abänderung, einen Grad von Genauigkeit zu erreichen, den zu bestimmen mir noch nicht möglich war. Eine dritte Abänderung, welche bezweckt, die Lichtverluste sehr zu verringern, wird, so weit ich sehe, zum Nachweis dienen können, daß die bisher vom Licht untrennbare Wärmestrahlung sich mit derselben Geschwindigkeit wie dieses fortpflanzt.

Um diese Versuche verständlich zu machen, habe ich die Einrichtung des optischen Systems zu beschreiben, so wie auch die der neuen Maschine mittelst deren der Spiegel in eine rasche Rotation versetzt und letztere gemessen wird. Man operirt mit Sonnenlicht, oder auch mit elektrischem Licht.

Ein Bündel directen Lichts geht zunächst durch eine quadratische Oeffnung, dicht dahinter durch ein Gitter von

elf senkrechten Platindrähten (*au millimètre*) und darauf zu einer vortrefflichen achromatischen Linse von großer Brennweite, die in einem Abstände, geringer als das Doppelte dieser Weite, vor dem Gitter aufgestellt ist. Das Bild des Gitters sucht sich jenseits unter mehr oder weniger vergrößerten Dimensionen zu gestalten, allein, nachdem das Bündel durch die Luft gegangen ist, fällt es, bevor es den Brennpunkt erreicht hat, auf den rotirenden Spiegel und, indem es von diesem mit seiner doppelten Winkel-Geschwindigkeit herumgeführt wird, giebt es im Raum ein Bild vom Gitter, welches mit großer Schnelligkeit fortrückt. In einer ziemlich beschränkten Strecke seiner Bahn trifft dieses Bild die Oberfläche eines Hohlspiegels, dessen Krümmungsmittelpunkt auf dem Mittelpunkte der Figur und auf der Rotationsaxe des Spiegels gelegen ist, und während der ganzen Zeit, daß es dessen Oberfläche bestreicht, schlägt das Licht dieses Bildes den Rückweg ein und fällt wieder auf das Gitter in einem Bilde von gleicher Größe. Um dieses Bild zu beobachten, ohne das ursprüngliche Bündel zu verdecken, stellt man schief gegen dasselbe, dicht bei dem Gitter, zwischen diesem und der Objectivlinse ein entweder dickes oder dünnes Parallelglas auf, und beobachtet mit einem kräftigen Ocular die seitwärts geworfenen Bilder. Ist das Glas dick, so sind die beiden Bilder mehr oder weniger getrennt, ist es dünn, so überdecken sie einander größtentheils und man giebt dem Glase eine solche Neigung gegen das Bündel, daß die schwarzen aequidistanten Linien, mit denen dasselbe durchzogen ist, einander überdecken. Hierdurch benutzt man die Reflexionen von beiden Seiten. Der rotirende Spiegel bringt dieses Bild bei jeder Umdrehung wieder zum Vorschein, und wenn die Geschwindigkeit der Rotation gleichförmig ist, bleibt es unbeweglich im Raume. Bei Geschwindigkeiten, welche nicht 30 Umläufe in der Sekunde übersteigen, sind die successiv erscheinenden Bilder mehr oder weniger gesondert, allein über 30 Umläufe hinaus, sind

die Eindrücke auf das Auge bleibend und das Bild erscheint vollkommen ruhig.

Es ist leicht zu beweisen, daß der Spiegel, indem er sich schneller und schneller dreht, das Bild verschieben muß, wie wenn er es im Sinne seiner Bewegung mit sich führte. Denn das Licht, welches durch die Spalte des Gitters gegangen ist, kehrt nicht eher zu demselben zurück als bis es an dem rotirenden Spiegel zwei Reflexionen erlitten hat, getrennt durch die Dauer des doppelten Ganges zwischen dem rotirenden Spiegel und dem Hohlspiegel. Wenn nun der Spiegel rasch rotirt, kann die Dauer dieses Hin- und Herganges, selbst bei einer beschränkten Länge von 4 Metern, nicht für Null gelten, und vielmehr hat der Spiegel Zeit seine Lage beträchtlich zu ändern und dies verräth sich durch eine Verschiebung des Bildes, welches von dem zurückkehrenden reflectirenden Strahl erzeugt wird. Streng genommen geschieht dieses immer, so wie der Spiegel selbst langsam rotirt; allein beobachtbar wird der Vorgang erst, wenn er eine gewisse GröÙe erreicht und man besondere VorsichtsmaÙregeln anwendet. Alle meine Anstrengungen waren darauf gerichtet, diese Ablenkungen so merklich wie möglich zu machen.

Die Hauptschwierigkeit, welche zu überwinden ist, entspringt daraus, daß das Licht bei einer so verwickelten Bahn sich zu keinem recht scharfen Brennpunkt vereinigen kann; die Einschnürung des Bündels bei seiner zweimaligen Reflexion an der sehr kleinen Fläche des rotirenden Spiegels vernichtet nothwendig die Schärfe des Bildes und bringt unvermeidlich in dessen Umrissen eine Störung zu Wege. Eben deshalb nahm ich als Lichtquelle die linearen gleichabständigen Räume, welche ein sehr feines Drahtgitter darbietet. Obwohl das Bild, welches man dadurch erhält, niemals scharf ist, so erscheint es doch unter der Gestalt eines Systems von weißen und schwarzen Streifen, die den farblosen Fransen ähnlich sind und von denen jeder ein wohl bestimmtes Maximum und Minimum von Licht darbietet. Diese hellen und dunklen Räume sind demnach, wie

die Drähte des Gitters selbst, $\frac{1}{11}$ Millimeter von einander entfernt, und wenn man zur Beobachtung derselben ein in Zehntel-Millimeter getheiltes Mikrometer in dem Ocular anbringt, verrichten die beiden Liniensysteme den Dienst eines Nonius und erlauben ohne Unsicherheit eine Verschiebung von 0,01 Millimeter in dem Bilde wahrzunehmen.

Aus der schon bekannten Geschwindigkeit des Lichts findet man, daß man, bei einem Objective von 2 Metern Brennweite und einer doppelten Weglänge von 4 Metern, dem Spiegel keine übermäßige Geschwindigkeit (6- bis 800 Umläufe) zu geben braucht, um Verschiebungen von 0,2 bis 0,3 Millimetern zu erhalten. Allein es giebt ein ganz einfaches Mittel die Größe dieser Verschiebungen zu verdoppeln und dieß kann in manchen Fällen von Nutzen seyn; ich habe es mehrmals versucht und mich versichert, daß es gelingt. Es besteht darin, daß man, wie Bessel angegeben, den vom rotirenden Spiegel reflectirten Lichtbündel mit einem dicht daneben befestigten Hülfs Spiegel auffängt und so vor und nach seiner Ankunft am Hohlspiegel zum rotirenden Spiegel zurücksendet. Durch die Betrachtung des virtuellen Bildes des rotirenden Spiegels in dem Hülfs Spiegel erlangt man dasselbe, was Hr. Arago mit Hülfe zweier gleichzeitig und entgegengesetzt rotirenden Spiegel erreicht hat, mit dem Vortheil, daß der drehende Spiegel und sein Bild immer strenge symmetrische Lagen haben, allein man geräth in die Uebelstände einer bedeutenden Verringerung der Lichtstärke und einer größeren Verwaschung des Bildes.

Dieß ist die Einrichtung des optischen Apparats, der mir erlaubt hat, die Fortpflanzung der Lichtstrahlen nachzuweisen. Meine ersten Versuche gelangen in Luft bei einer doppelten Weglänge von 4 Metern mit einem Spiegel, der nicht mehr als 25 bis 30 Umgänge in der Sekunde macht.

Um sie im Wasser auszuführen, braucht man nur zwischen den rotirenden Spiegel und den Hohlspiegel eine Säule von dieser Flüssigkeit einzuschalten, begrenzt von zwei Parallelgläsern, in einer konischen Metallröhre, die

inwendig gefirnisset ist, damit das Wasser klar bleibe; auch muß man dafür sorgen, daß die Endgläser keine Spannung in ihren Fassungen erleiden, und muß dem Uebelstande abhelfen, der durch die Einschaltung der 3 Meter dicken Wasserschicht aus der Vergrößerung der Brennweite entspringt. Es gelingt dann leicht mit dem geschwächten und grünlichen Lichtstrahl, den das Wasser durchläßt, ein eben so deutliches Bild zu erhalten, wie sich ohne Dazwischenkunft der Flüssigkeit bildet. Man braucht dann nur den Spiegel in Rotation zu versetzen und seine Geschwindigkeit genau zu messen, wenn man daraus die absoluten Geschwindigkeiten des Lichts in Luft und Wasser herleiten will, oder gleichzeitig mit beiden Mitteln zu operiren, wenn man bloß den Sinn des Unterschiedes dieser beiden Geschwindigkeiten kennen lernen will.

Um einen Spiegel in rasche Rotation zu versetzen hat man bisher zwei Mittel angewandt. Hr. Wheatstone bediente sich dazu eines Fadens, der um eine mit Axe versehene Rolle geschlungen ist; er erhielt damit eine Geschwindigkeit von 6- bis 800 Umläufen in der Sekunde. Nach ihm hat Hr. Breguet, durch Benutzung der vortrefflichen Eigenschaften des White'schen Getriebes, eine Geschwindigkeit von 1000 bis 1500 Umläufen erreicht. Es scheint mir, daß diese beiden Arten zur Mittheilung der Bewegung den Fehler haben, das Instrument zu schnell zu zerstören, daß sie nicht erlauben, die Geschwindigkeit auf eine continuirliche Weise zu ändern oder sie eine hinlängliche Zeit constant zu erhalten.

Der von mir benutzte Apparat ist, glaube ich, diesen Einwürfen nicht ausgesetzt; er theilt dem Spiegel eine Geschwindigkeit mit, die man, nach Belieben, von 30 bis 800 Umläufe verändern, hinreichend constant erhalten, und während der Beobachtung selbst messen kann.

Er besteht aus einer kleinen Dampf-Turbine, ziemlich einer Sirene ähnlich, aber einen verhältnißmäßig schwachen Ton gebend. Der angewandte Dampf, der unter einem Druck von 0,5 Atmosphäre aus dem Dampfkessel her-

vorkommt, wird im Moment, wo er in die Maschine tritt, durch eine Weingeistlampe überhitzt. Er entweicht durch zwei Oeffnungen, schief eingebohrt, auf einem selben Durchmesser, in die obere Wand der Kammer, über welcher der Teller der Turbine befindlich ist; letzterer hat 24 Löcher, die in entgegengesetztem Sinne neigen und durch dünne Zwischenwände von einander getrennt sind. Diese Wände sind die Schaufeln der Turbine, die wegen ihrer geringen Höhe nicht gekrümmt zu seyn brauchen. Die Ausflußöffnungen des Dampfs sind im Durchmesser fünf bis sechs Mal so groß als die Dicke der Zwischenwände, so daß der Dampf stetig ausströmt und nur einen geringen Ton giebt.

[Hr. F. beschreibt nun specieller die Einrichtung seiner Dampf-Turbine, an deren Axe der zum Rotiren bestimmte Spiegel befestigt ist. Da aber diese Beschreibung ohne Figuren wenig verständlich ist, so übergehen wir sie hier einstweilen, hoffend, daß Hr. F. baldigst die projectirten Versuche ausführen und dabei eine Abbildung des Apparates nachliefern werde. Dann fährt er fort wie folgt.]

Ich wage noch nicht Zahlen zu geben, oder die zu ihrer Auslegung dienende Formel aufzustellen; ich begnüge mich mit der Angabe, daß die bei einer Bahn von 4 Metern erhaltenen Ablenkungen bis auf ein Dreifsigstel ihrer Größe beobachtbar sind. Bisher wurde die Rotationsgeschwindigkeit der Spiegel nur durch den beim Rotiren seiner Axe entstehenden Ton bestimmt, mittelst der Schläge, welche derselbe mit dem Ton einer abgeglichenen Stimmgabel liefert. Man stimmte die Turbine vom Beobachtungs-orte aus, indem man das Ausströmen des Dampfes mittelst eines Hahns regulirte, dessen Schlüssel einen langen Hebel trug, den man durch einen Faden, welcher aus einer in der Hand gehaltene Rolle gewickelt war, von weitem dirigirte. Weiterhin werde ich ein Mittel angeben, um die Rotationsgeschwindigkeit der Spiegel jeden Augenblick viel sicherer und rascher zu bestimmen.

Mich mit der Abschätzung der Geschwindigkeit durch

den Ton begnügend, habe ich durch zwei successive Beobachtungen bereits ermittelt, *dafs die Ablenkung des Bildes nach dem Durchgang des Lichts durch Luft geringer ist als nach dem Durchgang durch Wasser.* Ich habe auch einen andern bestätigenden Versuch angestellt, darin bestehend, *dafs ich das Bild beobachtete, welches bei gleichzeitigem Durchgang des Lichts theils durch Luft, theils durch Wasser entstand.* Bei geringen Geschwindigkeiten lagen die Streifen des gemischten Bildes fast in gegenseitiger Verlängerung, *allein bei Beschleunigung der Rotationsgeschwindigkeit verschob sich das Bild und an der Gränzlinie seiner beiden Hälften waren die Streifen gebrochen, wobei die Streifen der Wasserhälfte im Sinne der allgemeinen Ablenkung voraus lagen.* Ueberdies erwiesen sich die Ablenkungen, *bei Rücksicht auf die in Luft und Wasser durchlaufenen Wege, ziemlich proportional den Brechungsindizes.* Diese Resultate deuten darauf, *dafs die Geschwindigkeit des Lichts in Wasser geringer als in Luft ist, und bestätigen also, nach den Ansichten des Hrn. Arago, vollständig die Aussprüche der Undulationstheorie.*

Zu bemerken ist, wie es schon Hr. Arago gethan, *dafs der Versuch, indem er in dem Wasser eine geringere Geschwindigkeit als in der Luft nachweist, unwiderruflich zwischen beiden Systemen entscheidet.* Hätte man das Umgekehrte gefunden, so wäre die Newton'sche Theorie noch haltbar, aber die Undulationstheorie würde nicht nothwendig umgestürzt seyn, da es möglich ist, den Aether so constituirt anzunehmen, *dafs, in welchem Sinne die Geschwindigkeit sich auch bei Aenderung des Mittels ändere, eine Erklärung gegeben werden kann.*

[Hr. F. bemerkt nun, *dafs die angeführten Versuche wegen der nur beschränkten Länge, die man der Wassersäule, wegen der starken Lichtabsorption darin, geben könne, keine grofse Genauigkeit mit sich führen, und er deutet daher verschiedene Mittel an, um besser zum Ziele zu gelangen.* Wir lassen diese Auseinandersetzung fort, in der Hoffnung, *dafs Hr. F. diese Vorschläge baldigst*

zur Ausführung bringen und die Resultate davon veröffentlichten werde.]

Schließlich will ich zeigen [fährt Hr. F. fort] daß dieselbe Methode Mittel liefert, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wärmestrahlung zu messen. Die Arbeiten der neueren Physiker, besonders die des Hrn. Melloni, erlauben keinen Zweifel mehr an der Identität der Licht- und Wärmestrahlung; es sind zwei Wirkungen einer und derselben Ursache; jede Modification, welche man der einen einprägt, findet sich auch bei der andern wieder. Wenn bei dem eben beschriebenen Versuch das Licht abgelenkt wird, muß sich damit auch der Ort des Wärmeeinflusses verschieben. Es scheint mir dies eine thatsächliche Nachweisung zu verdienen, und diese wird durch das Thermometer selbst gelingen, wenn man die Intensität des Lichtbündels gehörig mäßigt.

Wenn der drehbare Spiegel ruht und die richtige Incidenz darbietet, wird der ganze optische Apparat sogleich von der Lichtstrahlung durchlaufen und das Bild des Gitters besitzt eine mehr als hinlängliche Intensität, um auf die kleinen Thermometer einzuwirken, die ich, mit Hrn. Fizeau, zur Untersuchung der Wärme-Interferenzen angewandt habe. Wenn der Spiegel, mit beiden Flächen wirkend, zu rotiren beginnt, so wird das Bild dieselbe Intensität behalten, sobald das bewegliche Bild bei dieser Bewegung nicht aufhört auf eine spiegelnde und sphärische Fläche zu fallen, die ihren Mittelpunkt im Mittelpunkt der Bewegung hat. Diesen Bedingungen kann man sich nähern, wenn man die sphärischen Spiegel vervielfältigt und sie in die Bahn des beweglichen Bildes stellt; ein kleines Thermometer, aufgestellt dicht neben der Lichtquelle, an der Seite, nach welcher das feste Bild abweichen muß, wird in der That, sobald die Rotationsgeschwindigkeit hinlänglich vergrößert ist, eine Wirkung erleiden. Mehr will ich nicht sagen über einen Versuch, der noch anzustellen ist.

In Wirklichkeit enthält diese Abhandlung nur ein ein-

ziges Resultat: Die durch neue Mittel bewerkstelligte Ausführung des entscheidenden Versuchs, den Hr. Arago vor einigen Jahren erdacht hat, um sich definitiv zwischen den beiden Lichttheorien aussprechen zu können; allein diese Abhandlung hat noch den Zweck, eine Reihe von Anwendungen der neuen Methode, die wesentlich in der *Beobachtung des festen Bildes eines beweglichen Bildes* besteht, in Beschlag zu nehmen (*prendre date*).

VIII. Notiz in Betreff eines Versuchs über die comparative Geschwindigkeit des Lichts in Luft und in Wasser; von den HH. Fizeau und L. Breguet.

(*Compt. rend. T. XXX. p. 562.*)

Wir haben unternommen den wichtigen Versuch zu verwirklichen, den Hr. Arago in der letzten Sitzung der Akademie zur Sprache gebracht und wegen Augenschwäche bisher nicht hat ausführen können.

Der Rotationsapparat des Hrn. Breguet trägt einen kleinen Spiegel von 12 Mllm. Durchmesser, der eine Geschwindigkeit von 2000 Umläufen in der Sekunde erreichen kann, und leicht 12- bis 1500 Umläufe macht.

Die optische Einrichtung, welche wir anwenden, gründet sich auf die durch eine normale Reflexion bewirkte Rückkehr der Lichtstrahlen in sich selbst. Es ist die Einrichtung, die ich in einer früheren Arbeit beschrieben habe.

Das Licht geht aus von einem im Brennpunkt eines Fernrohrs gebildeten Luftbilde, dringt durch ein Objectiv, trifft auf einen rotirenden Spiegel und reflectirt sich lothrecht an einem festen Spiegel, kehrt dadurch zum rotirenden Spiegel zurück, durchläuft abermals das Objectiv und langt so wieder im Brennpunkt an.

Das durch die Rotation erzeugte Phänomen besteht in der Ablenkung des zurückgekehrten Bildes und dieses Bild ist ein permanentes, hervorgehend aus der sehr raschen Folge momentaner Bilder, welche einander überdecken. Die Ablenkung entspringt aus der Winkelbewegung, welche der rotirende Spiegel macht, während das Licht den Raum zwischen ihm und den festen Spiegel zwei Mal durchläuft. Nach Beobachtung der Ablenkungen in Luft bei Abständen, die man zur Erreichung der größten Lichtstärke und der größt möglichen Deutlichkeit, verschiedentlich nahm, haben wir den Versuch so eingerichtet, daß gleichzeitig die entsprechenden Ablenkungen in Wasser und in Luft beobachtet werden konnten. Bei gleicher Länge beider Mittel muß das Verhältniß der beiden Ablenkungen, nach der einen oder andern Theorie, entweder $\frac{2}{3}$ oder $\frac{3}{4}$ seyn.

Allein statt die Längen einander gleich zu nehmen, kann man sie für Luft und Wasser in dem Verhältniß 4 zu 3 nehmen. Nach der Emissionstheorie sind diese Längen äquivalent oder werden in gleichen Zeiten durchlaufen und die Ablenkungen müssen also gleich seyn. Nach der Undulationstheorie dagegen müssen diese Längen in sehr verschiedenen Zeiten durchlaufen werden, in Zeiten, die für Wasser und Luft im Verhältniß 16 zu 9 stehen, und die Ablenkungen müssen dasselbe Verhältniß zeigen.

Wir haben für Wasser eine Länge von 3 Metern und für Luft eine von 2,25 Metern angewandt.

Geschieht der Versuch gleichzeitig mit beiden Mitteln, so wird er ein sehr empfindlicher Differential-Versuch, bei welchem man nicht nothwendig die Rotationsgeschwindigkeit des Spiegels zu kennen braucht, sondern nur die gleichzeitigen Ablenkungen beider Bilder zu vergleichen hat.

Die Apparate sind ganz vollendet, aber der Zustand der Atmosphäre hat noch nicht erlaubt, die Beobachtung anzustellen, denn die Versuche erfordern ein so lebhaftes Licht, daß es unmöglich ist, das Sonnenlicht durch ein künstliches Licht zu ersetzen. Wäre gestern oder heute heiteres Wetter gewesen, hätten wir den Versuch schon

gemacht und das Resultat heute der Academie mitgetheilt; wenn unsere Versuche noch nicht beendigt sind, so hatte es darin seinen Grund, daß wir erwarteten, Hr. Arago, dem diese Untersuchungen angehören, würde uns autorisiren, sie zu unternehmen.

IX. *Anweisung zur Beobachtung der Windhosen oder Tromben; von Hrn. Ch. Martins¹⁾.*

Die Windhosen sind Meteore, in denen die vereinte Thätigkeit des Windes und der elektrischen Kräfte die mannigfaltigsten und verwickeltesten Wirkungen erzeugt²⁾. Auch giebt es keine Erscheinung, deren Beobachtung schwieriger wäre und mehr Kenntnisse und Scharfsinn erforderte. In dieser Anweisung werde ich mich begnügen, die Hauptpunkte hervorzuheben, auf welche sich die Aufmerksamkeit des Meteorologen zu richten haben wird, indem ich die Windhosen von Montville, Chatenay, Cette und Railingen zu Grunde lege, die einzigen, die bisher mit der Sorgfalt studirt worden sind, die diese gewaltigen Aeußerungen der

1) Auf Wunsch des Hrn. Verf. entnommen aus dem *Annuaire météorologique de la France, année 1848, Article Trombes terrestres.*

2) In der *Histoire de l'Académie des Sciences pour 1767, p. 409*, findet sich eine Abhandlung von Brisson, worin er mit großer Klarheit die elektrische Theorie der Tromben auseinandersetzt. Er erklärt durch die gegenseitige Anziehung der Wolke und des Erdbodens die beobachteten mechanischen Wirkungen. Er hat sogar im Kleinen den Kegel oder die Wassersäule dargestellt, die sich in den Seewindhosen bilden, indem er der Oberfläche einer mit Wasser gefüllten Schale eine stark geriebene Röhre näherte. Das Wasser hob sich in Gestalt eines Hügels, der sofort zusammensank, als ein Funke zwischen der Flüssigkeit und der Röhre übersprang. Ath. Peltier hat diesen Gegenstand in seinem 1840 veröffentlichten Werk über die Tromben entwickelt.

atmosphärischen Elektricität verdienen. Durch die von mir angestellte aufmerksame Prüfung der schrecklichen Wirkungen der Trombe von Montville, durch die Emsigkeit, mit der ich den gerichtlichen Verhandlungen gefolgt bin, deren Gegenstand jene Windhose geworden ist, und durch die zahlreichen Unterhaltungen, die ich darüber mit meinem verewigten Freunde Ath. Peltier gepflogen habe, bin ich in den Stand gesetzt worden einige genaue Vorstellungen über diese, von den Physikern noch so wenig gekannten, Erscheinungen zu erwerben.

L. Vorläufer der Windhose.

Alle meteorologische Umstände, die dem Erscheinen einer Trombe vorangehen, sind von hoher Wichtigkeit und müssen sorgfältig aufgezeichnet werden. Das Barometer sinkt fast stets mit außerordentlicher Schnelligkeit; so stand das Barometer des Hrn. Preisser zu Rouen am 19. Aug. 1845, um Mittag, auf 757^{mm},25; um 1^h stand es nur noch auf 740^{mm},91; um 1^h 15' warf die Windhose 180 große Bäume am Houlme, 8 Kilometer von Rouen, nieder¹).

Der Gang des Thermometers ist nicht minder bemerkenswerth. Die meisten Beobachter geben eine schwüle Hitze als Vorläufer der Tromben an, und eine der zur Erklärung der Windhosen vorgeschlagenen Theorien, die des Hrn. Es py²), schreibt die Hauptrolle dabei der ausschließlichen Erhitzung einer Luftsäule zu, die inmitten der benachbarten Schichten von niederer Temperatur emporsteigt. Dasselbe gilt von den hygrometrischen Beobachtungswerkzeugen und den Elektrometern oder Elektroskopen. Ihre Angabe vor, während und nach dem Erscheinen des Meteors können das hellste Licht auf die Entstehungsweise der Tromben werfen.

Nicht selten geht der Windhose ein Gewitter voraus

1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris T. XXI.* p. 498. 25 août 1845. Der mittlere Luftdruck zu Rouen (1845 bis 1846) beträgt 755^{mm},31.

2) *Philosophy of Storms.* Boston 1841.

oder begleitet sie wenigstens. Man begreift, von wie hohem Interesse es für den Meteorologen seyn wird, die Himmelsgegend zu kennen, wo das Gewitter entstanden ist, die Anzahl, die Gestalt und die Farbe der Wolken, endlich die Richtung und Stärke des Windes. Der Beobachter wird sein Augenmerk darauf zu richten haben, ob zwei Wolkenschichten übereinander bestehen und die Natur dieser Schichten sorgfältig beschreiben, mit Hinblick auf die schönen Versuche, durch welche Peltier gezeigt hat, daß die grauen Wolken mit negativer, die weissen mit positiver Elektrizität geladen sind ¹⁾). Der Beobachter wird gleichzeitig darauf achten, ob die beiden übereinander befindlichen Wolken mit gleicher Geschwindigkeit fortschreiten und ob sie sich gegenseitig abzustossen oder anzuziehen scheinen. Nur in seltenen Fällen gehen von diesen Wolken nicht elektrische Lichterscheinungen, Blitz und Donner aus. Auch in Bezug hierauf verdient Alles aufgezeichnet zu werden. Sind die Blitze continuirlich oder unterbrochener Art, zickzack- oder kugelförmig oder nur in Gestalt eines Lichtscheins; gehen sie von einer Wolke zur andern oder scheinen sie auf die eine oder die andere der beiden Wolken oder auf beide zugleich beschränkt zu seyn? alle diese Punkte verdienen eine besondere Erwähnung. Aus dem mit der Sekundenuhr gemessenen Zeitraum zwischen dem Blitz und dem Donner, verbunden mit der Höhe der Wolke über dem Horizont, wird sich annähernd die Entfernung der Wolke entnehmen lassen.

II. Erscheinungsweise und Gang der Windhose.

Nähert sich die Wolke der Erde und dem Beobachter, so ändert sich ihre Gestalt; sie wird einer Säule oder einem umgestürzten Kegel ähnlich; das Ansehen der Wolke gleicht dem des Rauches einer Feuersbrunst oder eines mit Steinkohlen gespeisten Ofens, und fast immer bemerkt man

1) *Mémoire sur la météorologie électrique* (*Archives de l'électricité*, T. IV, p. 173. 1844 et *Notice sur la vie et les travaux de J. C. A. Peltier par son fils*, p. 260).

darin, unter Begleitung von Blitzen, heftig wallende oder wirbelnde Bewegungen; unter diesen Umständen heisst die Wolke eine *Windhose* oder *Trombe*.

Fast alle Beobachter sprechen von einem eigenthümlichen Geräusch, welches der Windhose vorausgeht: die einen vergleichen es mit dem eines schweren Lastwagens auf einem steinigen Damm; die andern dem eines Eisenbahnzuges¹⁾. Diese Erscheinung ist um so interessanter zu studiren als dasselbe Geräusch öfters das Herannahen der Wolken verkündigt, die sich in Schlossen entladen, ohne sonst elektrische Wirkungen von sich zu geben.

Schieferplatten, Dachziegel, Bretter, Aeste, ja ganze Wipfel von Bäumen wirbeln nicht selten inmitten der Tromben einher, und geben uns eine Vorstellung von ihrer Gewalt. Ein Augenzeuge der Windhose von Cette hat einen Mast, eine Raa und ein Segel in der dem Wind entgegengesetzten Richtung, in grosser Höhe über einen Kanal fortgeführt, gesehen. Die Windhose von Montville trug einen Baumwipfel und eine Schäferhütte mit sich durch die Lüfte. So lange die Wolke dem Beobachter sichtbar bleibt, wird er eine besondere Aufmerksamkeit auf ihren Lauf zu richten haben. Ist dieser Lauf geradlinig und der herrschenden Windesrichtung gemäß oder ist er zickzackförmig? Finden diese Zickzack-Bewegungen plötzlich und in spitzen Winkeln statt? Wird die Wolke angezogen von den Gebäuden, den Thürmen und Bäumen? Scheint sich die Trombe von Zeit zu Zeit zu erweitern, oder behält sie immer einerlei Querschnitt? Haben die Gestalt des Bodens, seine Feuchte oder seine Trockniss, hat die Gegenwart eines Wasserlaufes einen merkbaren Einfluss auf den Gang oder das Aussehen der Wolke? In welcher Höhe über der Erde schwebt sie, und scheint diese Höhe zu wechseln? Alle diese Grundfragen sind von Wichtigkeit und noch unerledigt. Wenn die Windhose über grosse Bäume fortgeht, wird es sehr interessant seyn auch die klein-

1) Vergl. Schimper, über die Windhose von Railingen (Beilage zum Manheimer Journal, No. 74, 1845).

sten Umstände ihrer Wirkungsweise zu beobachten, und zu studiren wie diese Bäume entwurzelt, zerbrochen oder mit fortgerissen werden. Wenn sie Baulichkeiten trifft, wird man suchen müssen, die etwaigen Erscheinungen der Anziehung, Abstossung oder die blitzähnlichen Wirkungen zu erkennen, die sie auf die Blitzableiter, die Schorsteine die Dachrinnen, die Ziegel u. s. w. ausübt. Ueberschreitet sie einen Fluß oder einen Teich, so wird der Beobachter seine Aufmerksamkeit zu verdoppeln haben, um festzustellen, ob das Wasser sich als Säule oder Garbe erhebe, oder ob es nur in Wallung gerathe und sich kräusele, wie man es manchmal zur See wahrnimmt¹⁾).

Nach dem Durchgang des Meteors wird man untersuchen, ob die Fische und die andern Thiere, die den Teich oder Fluß bewohnten, getödtet worden sind, wie Peltier es zu Chatenay gesehen hat.

Sehr schwache Windhose. — Wenn kein Wind herrscht, und die Wolke klein oder nur schwach mit Elektrizität geladen ist, sind die Spuren, die die Trombe hinterläßt, sehr vorübergehend. Ein Beispiel dieses Verhaltens ist folgendes: Den 25. Juli 1845 gingen die HH. Hugueny, Brullé und Chanut von Dijon, nach dem Faubourg d'Ouche. Der Donner liefs sich in der Ferne hören, eine weisse Wolke von sehr länglicher Gestalt trennte sich auf dem Hintergrunde schwarzer Wolken ab; ihre Gestalt war die eines umgestürzten Kegels, dessen Spitze sich mehr und mehr der Erde näherte. Des andern Tages erzählte ihnen ein Landmann von Couchey, 8 Kilometer von Dijon, dafs er zuerst ein Geräusch gehört habe, ähnlich dem mehrerer Wagen, die auf steinigem Boden rollten, dafs er dann eine weisse kegelförmige Wolke auf sich zukommen gesehen, deren Grundfläche in einer schwarzen Wolke war, und deren unterer Theil, fünf bis sechs Minuten lang in einen dichten Nebel gehüllt, bis zur Erde reichte. In weniger als 15 Minuten durchlief diese Wolke den 3 Kilometer

1) Vergl. Peltier, *Observations sur les trombes*. p. 134.

meter betragenden Raum zwischen Fixey und Couchey. Eine sehr blasse Feuererscheinung gab sich ohne irgend einen Knall an allen Punkten kund, wo die Wolke die Erde berührte. Im Vorübergehen drehte die Trombe die Aeste der Kirschbäume um den Stamm, mehrere Korngarben wurden davongeführt und zerstreut, die Halme um die Weinstöcke gewickelt, die Bohnen niedergestreckt, die Kohlstauden ausgerissen, die Weinstöcke verdreht oder abgebrochen. Die Breite des Striches, auf dem man diese Zerstörungen wahrnahm, betrug nur 6^m, und sechs Tage nachher fand Hr. Hugueny kaum noch einige Spuren davon. Die Kiepe des Zeugen, welche 30 — 40 Kilogramm Gras enthielt, erhob sich 20^m hoch in die Lüfte und fiel ungefähr am selben Orte wieder zu Boden; das Gras wurde in allen Richtungen zerstreut. Die Schuhe, Hüte und Kleider, welche sich unter der Kiepe befanden, wurden, wie auch drei andere Kiepen, gleichfalls in die Höhe geführt. Der Augenzeuge liefs die Windhose sich ihm bis auf fünf Meter Entfernung nähern; als er aber anfang den Wind zu spüren, der in ihrer Nachbarschaft entstand, beeilte er sich das Weite zu suchen. In einer gewissen Entfernung von der Trombe war weder Regen, noch Wind, noch Gewitter, die Luft war vollkommen ruhig.

So milde Windhosen, wie diese, gehen gemeiniglich unbemerkt vorüber, und die Wirkungen der von ihnen ausgeübten elektrischen Anziehung werden auf Rechnung des Windes gebracht. Leider aber bezeichnen die Windhosen nur zu oft ihre Bahn durch furchtbare Zerstörungen. Die erste Sorge des Meteorologen muß seyn, die Länge und Breite des verwüsteten Striches dadurch festzustellen, daß er den ganzen Weg des Meteors verfolgt und ihn auf einer langen Karte verzeichnet. So ist die Bahn der Trombe von Montville eine vielfach gekrümmte, deren mittlere Richtung indeß von S 25° O nach N 25° O geht, nämlich von dem Dorf Saint-Jean du Cardonay, über dem Houlme gelegen, nach dem Dörfchen Grugny, nahe bei

der kleinen Stadt Cleres¹⁾. In gerader Linie beträgt die durchlaufene Strecke 45^{km}. Auf der Hochfläche von Ma-launay, 2^{km} vom Anfang der Zerstörungen, habe ich die Breite des verwüsteten Striches gemessen und zu 220^m gefunden. Auf der Hälfte der ganzen, von der Windhose durchlaufenen, Strecke, auf dem Weg von Montville nach den Cambres, betrug die Breite 307^m. Endlich nahe bei Clères, wo die Verheerung ein Ende hatte, betrug sie nur noch 60^m. Nach Hrn. Bouchard hatte der Strich, auf dem sich die Wirkungen der Windhose von Chatenay bemerklich machten, 130^m Breite auf 4^{km} Länge²⁾.

Ist der Gang der Trombe dergestalt durch unmittelbare Beobachtungen festgestellt, so wird man eine Vorstellung von ihrer Geschwindigkeit erlangen, indem man die Zeugnisse der Anwohner über die Zeit ihres Eintreffens an den verschiedenen Punkten ihrer Bahn sammelt.

III. Wirkungen der Windhose auf Bäume.

Entsohlte³⁾ und umgestürzte Bäume. — Nehmen wir nun die durch die Windhosen verursachten Verheerungen etwas näher in Augenschein. Es sind die über dem Boden erhabenen Gegenstände, die Bäume und Gebäude, die denselben gewöhnlich am meisten ausgesetzt sind. Wo das Meteor milder aufgetreten, bemerkt man nur etwa zerbrochene Zweige, die entweder noch am Baume hängen oder in eine gewisse Entfernung geschleudert sind. Doch ist es selten, nicht wenigstens auf entsohlte Bäume zu stoßen. So nenne ich Bäume, deren Wurzelstock nur zum Theil aus seiner Lage gewichen ist, so daß er eine vorspringende, aber noch mit dem Erdreich zusammenhängende Scholle darbietet. Der Stamm kommt dabei mehr oder weniger schief zu stehen und häufig berührt die Krone den Boden. Es ist wichtig, zu bemerken, ob der Baum von der Seite her entsohlt ist,

1) Man sehe die Blätter von Rouen und von Neufchatel auf der neuen Karte von Frankreich.

2) *Comptes rendus etc. t. IX. p. 137. 1839.*

3) *Arbres déchaussés.*

von der der Wind kam, und ob der Wipfel nach der andern Seite neigt. Um jeder Verwirrung in seinen Aufzeichnungen vorzubeugen, wird der Beobachter wohl daran thun, ein liegendes Bäumchen mit Wurzeln und Wipfeln in der entsprechenden Lage zu zeichnen. Im Allgemeinen sind die Bäume in der Richtung niedergeworfen, in der das Meteor fortgeschritten ist; die am Boden liegenden Stämme sind der Axe der von der elektrischen Wolke durchlaufenen Bahn merklich parallel, und mithin der mittleren Richtung des Windes, der sie dahin trug. Nichtsdestoweniger kommen zahlreiche und stets bemerkenswerthe Ausnahmen vor. So lagen, nach der Trombe von Chateau, die Bäume meist von Süden nach Norden hingestreckt, gemäß der allgemeinen Richtung des Meteors; allein Peltier¹⁾ hat bemerkt, daß die Wipfel derjenigen Bäume, die sich zu beiden Seiten der Wolke befanden, nach der von ihr durchlaufenen Linie zeigten; die zur rechten gelegenen waren nach Westen, die zur linken nach Osten geneigt. Hr. Pouillet, der die Windhose von Montville einige Tage nach dem Ereigniß untersuchte, hat die Hauptrichtungen der auf der Hochfläche von Malaunay niedergeworfenen Apfelbäume vortrefflich beschrieben²⁾. Sie zerfielen in drei Striche; in dem Mittelstrich lagen die Bäume in der Richtung der Trombe an den betreffenden Punkten; in den beiden Seitenstrichen zeigten die Wipfel nach dem Mittelstrich hin. Doch ist dieß nicht immer der Fall; nach der Windhose, die die Umgebungen von Stow (Ohiostaat) am 20. October 1847 verheerte, waren die Bäume fast sämmtlich senkrecht auf die Richtung der Trombe gelagert, nur wenige in dieser Richtung selber, einige sogar in der umgekehrten Richtung, den Wipfel nach der Seite hin, von der der Wind kam³⁾. Hr. Schimper hat bei der Windhose von Railingen im Juli 1845 ähnliche Thatfachen bemerkt. Bei der Trombe von Montville habe ich entspre-

1) *Observations sur les trombes*, p. 157, 158.

2) *Comptes rendus etc.* 8 Septembre 1845. T. XXI. p. 548.

3) J. Espy, *The philosophy of Storms*, p. 321.

chende Beobachtungen auf der Fläche von Malaunay gemacht; es kamen in dem linken Seitenstriche Bäume in den verschiedensten Azimuten gelagert vor, nach Osten, nach O 10° S; nach WNW und selbst nach SW. Aehnliche Gruppen fanden sich an drei andern Stellen der Seitenstriche vor. Alle diese Wirkungen erklären sich leicht, wenn man die mannigfachen Kräfte erwägt, die bei einer im Fortschreiten begriffenen Windhose ins Spiel kommen, nämlich 1° die Richtung des Windes, der sie mit sich führt; 2° die Anziehung der elektrischen Wolken nach Einigen, nach Andern die Saugkraft der Trombe, wodurch die Bäume gezwungen werden sich nach der Mitte des verheerten Striches zu neigen; 3° die Wirbelbewegung, die aus den beiden vorerwähnten Kräften entspringt, welche, indem sie in verschiedenen Richtungen mit verschiedener, ja in jedem Augenblick veränderlicher Intensität wirken, an den Gränzen des Striches die Bäume dergestalt schaarenweise nach allen Richtungen zu Boden strecken.

Entwurzelte und fortgetragene Bäume. — Heftige Windhosen entsoblen nicht allein viele Bäume, sondern entwurzeln sie auch vollständig und führen sie sogar bis in eine gewisse Entfernung mit sich fort. In dem Mittelstrich der Trombenbahn auf der Fläche von Malaunay waren vier dicke Apfelbäume, von 0^m,42 Durchmesser am Boden, sich selbst parallel 35^m weit von Süd nach Nord fortgeführt worden; die in den Seitenstrichen nur 4 — 5^m; zwei andere, die vor einer Reihe Eichen standen, waren mit solcher Gewalt dawider geschleudert worden, daß der eine davon sie mit Ueberwindung aller Hindernisse durchbrach, und sich dergestalt überschlug, daß der Wipfel im Süden, die Wurzel gen Norden lag. Der Wipfel eines andern zerschmetterte die Zweige einer Eiche, wurde aber dabei selber in zwei Theile auseinander gerissen. Man sieht aus diesen Beispielen wie groß die Kraft gewesen seyn müsse, die jene Bäume zu entwurzeln und Pfeilen ähnlich in die Hochholzdickung zu schleudern vermochte. Am Ende seiner Bahn, 13^{km} von der Fläche von Malaunay, nahe Grugny,

hat das Meteor noch einen sehr starken Apfelbaum entwurzelt und 10^m weit mit sich geführt. Aehnliche Wirkungen waren längs seiner ganzen Bahn bemerkbar.

Zerbrochene Bäume. — Wo eine starke Windhose ihren Durchgang genommen hat, findet man die Baumzweige zerbrochen, fortgeschleudert und Bäume, deren Wipfel abgebrochen ist oder die vollständig geköpft sind. Bei den schräg abgebrochenen Bäumen wird man sorgfältig zu beachten haben, ob die Bruchfläche senkrecht auf die Windesrichtung steht, und ob sie nach der entgegengesetzten Seite sieht von der, woher das Meteor anrückte. Diefs war der Fall mit den Bäumen von Montville. Die überwiegende Mehrzahl der Wipfel fand sich auch in der Richtung des Windes fortgeschleudert; nichtsdestoweniger kamen sehr in die Augen fallende Ausnahmen vor: die Wipfel mehrerer Bäume waren gerade im entgegengesetzten Sinne fortgeführt worden. Der Beobachter wird dergleichen Thatfachen nicht vernachlässigen, denn sie benachrichtigen uns von der Richtung der bei der Erscheinung wirksamen Kräfte.

Verdrehte Bäume. — Der Stamm mehrerer Pappeln, Eichen und Erlen war nicht zerbrochen, sondern verdreht (*tordu*). Der Güte des Hrn. Picot verdanke ich den Stamm einer Schwarzpappel von 0^m,11 Durchmesser, der auf eine Länge von 0^m,50 gespalten und verdreht erscheint. Die Drehung beträgt 140°. In mehreren dieser Bäume fand sich die Bastschicht vom Holz getrennt, welches man in Gestalt eines vollen Cylinders aus dem Hohlcyylinder herausziehen konnte, den die noch mit der Rinde bekleidete Bastschicht darstellte.

*Gespaltne Bäume*¹⁾. — Die Wirkungen, von denen wir so eben gesprochen haben, erklären sich fast alle durch die vereinte Thätigkeit mechanischer Kräfte, welche entweder gleichzeitig oder nacheinander in entsprechendem oder entgegengesetztem Sinne angriffen. Diefs ist nicht mehr der Fall hinsichtlich der gespaltenen Bäume, von denen

1) *Arbres clivés.*

jetzt die Rede seyn soll. Die mechanische Wirkung des Windes reicht nicht aus, um die Erscheinungen, die sie darbieten, zu erklären. Die gespällten Bäume sind vom Boden aufwärts, oder häufiger 0^m,5 von demselben an, und auf eine Länge, die zwischen 2 und 7^m wechselt, in Leisten oder Streifen oder Splitter aufgelöst, die manchmal nicht dicker als Zündhölzer sind. Diese *Spällung* betrifft nur die Hälfte oder drei Viertel von der Dicke des Baumes. Der gespällte Theil ist der Seite, von der das Meteor kam, bald zugekehrt, bald davon abgewendet. In der Mitte der gespällten Strecke ist der Baum abgebrochen und der Wipfel ist nicht, wie in den geköpften Bäumen, fortgerissen. Ein noch wesentlicheres Merkmal besteht darin, daß die Leisten und zündholzähnlichen Splitter sofort nach dem Durchgang der Trombe vollständig ausgedörzt und saftleer erscheinen. Hr. Preisser hat sich davon zu Montville am andern Tage überzeugt, die HH. Decaisne und Bouchard ¹⁾ zu Chatenay, Hr. de Gasparin ²⁾ an Pappeln, die die Windhose von Courthezon gespällt hatte. Die Trocknifs der Splitter macht sie im höchsten Grade brüchig. Die einfachste Art, sich von dieser vollständigen Austrocknung zu überzeugen, ist die von Hrn. de Gasparin angewendete. Er brachte Bruchstücke von gespällten und ungespällten Pappeln zuerst in ein heißes Luftbad, dann unter die Glocke einer Luftpumpe. Eine sehr empfindliche Wage gab nicht den mindesten Gewichtsverlust des gespällten Holzes an, dagegen einen sehr bedeutenden des nicht gespällten ³⁾. Hr. Darcet seinerseits fand nur 7 Proc. Wasser in den gespällten Bäumen von Chatenay; frisches Holz enthält aber 30 — 40 Proc. Wasser, und sogar nach vier bis fünf Jahren findet man darin noch 24 bis 25 Proc. ⁴⁾.

1) *Comptes rendus etc.* T. IX. p. 137.

2) *Ibid.* T. XII. p. 1117. — T. XIII. p. 223.

3) Man kann sich in Zukunft natürlich auf den ersten Theil des Versuchs beschränken.

4) *Comptes rendus etc.* 2 Décembre 1844. T. XIX. p. 2112.

Eine von Hrn. Boussingault ¹⁾ berichtete Thatsache erläutert vortrefflich diese Verdampfung des Saftes durch die Elektricität, und kann gewissermassen als experimentelle Bestätigung der von Hrn. Arago ²⁾ ausgesprochenen, seitdem von Peltier ³⁾ entwickelten theoretischen Ansicht angesehen werden. Folgendes ist die Beobachtung des Hrn. Boussingault. Am 22. Mai 1842 wurde zu Bechelbronn im Elsass ein starker Birnbaum vom Blitze getroffen; eine dicke Dampfsäule, dem Rauche eines mit Steinkohlen gespeisten Schmiedefeuers vergleichbar, stieg davon auf und Splitter flogen davon in eine Entfernung von mehreren Metern. Die Rinde war verschwunden; der Baum erschien vollkommen weifs. Hr. Boussingault zweifelt nicht, dafs es der Wasserdampf sey, der diesen Baum gesprengt habe. Ich theile diese Meinung durchaus; in meinen Augen sind die gespällten Bäume und die gesprungenen Dampfkessel gleichbedeutende Erscheinungen.

Im Baume ist es der Saft, der sich zu einem grossen Theil in Dampf verwandelt; der Stamm zerreift in tausend Stücke und der Wind knickt ihn dann in der gespällten Strecke, die begreiflich viel weniger Widerstand darbietet als der übrige Stamm. Der verdampfte Saft gleicht einem dicken Rauche; daher die Täuschung der Zeugen der Trombe von Montville, welche sämmtlich glaubten, dafs die Wälder, über die sie hinzog, in Brand ständen. Dieser Rauch war der in Dampf verwandelte Saft der zahlreichen Bäume, die die Windhose auf ihrem Wege spällte. Seine dunkle Farbe verdankte er wahrscheinlich den erdigen Theilchen, die der Wind und die elektrische Anziehung in die Lüfte emporhoben.

Endlich, damit nichts zum Beweise fehle, ist es den HH. Becquerel, Vater und Sohn, gelungen, durch starke

1) *Ibid.* T. XIX. p. 1385. 1842.

2) *Notice sur le tonnerre. Annuaire du Bureau des Longitudes pour 1838* p. 470.

3) *Observations sur les trombes*, p. 123.

elektrische Entladungen die Spällung der Bäume an Zweigen von der Dicke des kleinen Fingers nachzuahmen.

Es ist von Wichtigkeit die Art der gespällten Bäume anzugeben und die Unterschiede zu bemerken, die in dieser Beziehung zwischen den verschiedenen Arten obwalten. So war im Thale von Montville nicht ein einziger harziger Baum (Kiefern, Tannen, Lärchen) gespällt. Ich habe deren einige zwanzig gezählt, die mehr oder weniger übel zugerichtet waren, aber gespällt war nicht einer, obschon sie sich auf dem Wege des Meteors befanden und um sie herum die Stämme anderer Holzarten in Bündel von Leisten verwandelt waren¹⁾. Man weiß aber, daß die Coniferen wenig Saft, hingegen viel Harz, vorzüglich zwischen Rinde und Holz, enthalten, und, da das Harz ein sehr schlechter Leiter ist, begreift man leicht, weshalb die Elektrizität nicht ihren Weg durch diese Bäume genommen habe. Diese Beobachtung scheint mir die Ansichten der HH. Arago und Peltier völlig zu bestätigen.

Die durch die unmittelbare Wirkung der elektrischen Wolke gespällten Bäume bezeichnen ihren Weg über dem Erdboden, auch nehmen sie immer die Mitte des verheerten Striches ein. Auf der Fläche von Malauntay, wo die Breite des Striches 220^m betrug, nahmen sie davon in der Mitte 89^m ein.

Wesentliche Merkmale der Spällung. — Ehe ich ins Einzelne der Unterschiede gehe, die die Spällung in den verschiedenen Baumarten darbietet, glaube ich hier in Kürze die Thatsachen zusammenstellen zu müssen, die ich an den durch die Trombe von Montville gespällten Bäumen beobachtet habe; denn ich lege auf die Spällung der Bäume

- 1) Ich berufe mich insbesondere auf folgende Thatsache, die zuerst meine Aufmerksamkeit erregte. Gegenüber der großen Fabrik des Hrn. Picot die durch die VVindhose zerstört wurde, ist die Landstraße, die sich am Fusse der Hügelkette der Eslettes hinzieht, mit Lärchen eingefasst. Mit Erstaunen sah ich, wie die Trombe nur einige Zweige davon zerbrochen hatte, als ich eine kleine Buche gewahr wurde, die inmitten der Reihe zwischen zwei doppelt so hohen Lärchen stand; die Lärchen waren unversehrt, während die kleine Buche zu Leisten gespällt war.

den größten Werth: ich betrachte sie als das unwider-
sprechlichste Anzeichen der elektrischen Natur des Vor-
ganges.

1°. Man findet gespällte Bäume nur in der Mitte des
durch das Meteor verheerten Striches, da wo es die grös-
ten Verwüstungen angerichtet hat.

2°. Alle gespällte Bäume sind es gemeiniglich von
ungefähr 0^m,5 über der Erde an. Selten fängt die Späl-
lung unmittelbar über dem Boden an, und noch seltener
erstreckt sie sich bis in die Wurzeln.

3°. Die kürzeste Spällung, die ich beobachtet habe,
maß 2^m,10 vom Boden ab; die längste 7^m,50. Mittel 5 — 6^m.

4°. Nie findet sich ein Baum in seiner ganzen Höhe
gespällt, und nie setzt sich die Spällung in die Zweige fort,
selbst dann nicht, wenn sie aus einer vollkommen gespäll-
ten Strecke des Stammes entspringen.

5°. Selten ist ein Baum seiner ganzen Dicke nach in
gleich dünne Leisten gespällt, meist erstreckt sich die Späl-
lung nur auf die Dreiviertel oder die Hälfte seines Quer-
schnittes. Der gespällte Theil sieht bald nach der Seite,
von der das Meteor kam, bald nach der entgegengesetzten
Seite hin.

6°. Alle gespällte Bäume, mit Ausnahme von vier
jungen Buchen, waren in der Mitte der gespällten Strecke,
etwa 3^m vom Boden ab, zerbrochen. Die Bruchfläche stand
senkrecht auf der Richtung des Meteors an der betreffen-
den Stelle.

7°. Der obere Theil des zerbrochenen Baums hält stets
noch mit dem untern zusammen und neigt nach der Seite,
wohin das Meteor ging.

8°. Nie ist ein Baum zugleich gespällt und entwurzelt
oder in einer andern als der gespällten Strecke zerbrochen.

9°. Die Leisten oder zündholzähnlichen Splitter waren
nach dem Durchgang der Trombe völlig vertrocknet und
ihres Saftes beraubt. Diese Thatsache ist am andern Tage
durch die HH. L'Huine, Roop, Preisser und eine große
Anzahl Zeugen festgestellt worden.

10°. Das Gewebe eines jeden einzelnen Bruchstückes, für sich betrachtet, erscheint nicht zerstört; man ist nur von der Dürre des Holzes betroffen, wenn man es mit den noch safterfüllten nicht gespällten Theilen desselben Baums vergleicht. So boten zwei Monat nach dem Ereigniß die Eichen und Buchen, deren Stamm nur zur Hälfte gespällt war, auf der gespällten Seite dürre Zweige und Blätter dar; auf der nicht gespällten Seite aber grünes Laub.

11°. An allen gespällten Bäumen findet man die Rinde aufgerissen, verdorrt, nach innen aufgerollt, und entweder noch am Stamme haftend oder nach allen Seiten verstreut.

Spällung der verschiedenen Baumarten. — Die Spällung ist verschieden in den verschiedenen Baumarten. Am vollkommensten tritt sie auf in den Eichen (*Quercus robur*). Der Stamm ist seiner ganzen oder halben Dicke nach in Leisten zersprengt, die im Innern oft so dünn wie Gerten oder gar wie Zündhölzer sind. Die Ebenen der Spällung entsprechen der Richtung der Markstrahlen. Da der Baum stets in der Mitte der gespällten Strecke zerbrochen ist, so haben die Leisten, die man davon zu lösen vermag, im Allgemeinen nur die Hälfte ihrer Gesamtlänge.

Ich habe von dem oberen Stumpfe einer Eiche zwei dergleichen gelöst, von denen die eine 2^m,50, die andere 2^m,27 lang ist. Die eine mafs 8, die andere 5^{mm} Seite. Eine dritte Leiste von dem untern Stumpf einer andern Eiche mafs 1^m,91 Länge und 7^{mm} Seite. An ihrem freien Ende löst sie sich in vier Splitter von der Dicke eines Zündholzes auf.

In den Buchen (*Fagus sylvatica*) ist die Spällung gröber als in den Eichen: selten sieht man die zündholzähnlichen Bildungen, es sind wahre Leisten von mindestens 2—3^{cm} Breite, oft aber von sehr großer Länge. Die Spaltungsebenen sind merklich im Sinne der Markstrahlen wie bei den Eichen. Die ausgedehnteste Spällung habe ich an einer dicken Buche von 0^m,38 Durchmesser über der Erde wahrgenommen, die unterhalb der Schlucht von Saint-Maurice stand; die Spällung fing sogleich am Boden an und

erstreckte sich bis 7^m,50 Höhe. In der Mitte dieser Strecke war der Stamm zerbrochen. Die Buchen sind auch die einzigen Bäume, von denen einige (vier) noch aufrecht geblieben waren, obwohl sie vom Boden ab bis zu einer Höhe von 2—5^m zu einem Drittel oder Viertel ihres Umfanges gespält erschienen. Die Gesamthöhe dieser Buchen betrug 6—10^m.

Die Spällung der Ulmen (*Ormus campestris*) ist der der Buchen sehr ähnlich, ich habe übrigens nur eine kleine Anzahl von Fällen beobachtet.

Von Eschen (*Fraxinus excelsior*) habe ich nur eine einzige gespaltte gesehen. Es war ein junger Baum; er fand sich von 0^m,52 über dem Boden ab in vier ungefähr gleiche Bruchstücke zersprengt. An einem derselben, welches die andern etwas an Stärke übertraf, hing noch die zur Erde gesenkte Krone. Die anderen Bruchstücke waren in 4^m Höhe zerbrochen. Die Blätter der Krone sowohl, als die Zweige, welche aus den Bruchstücken entsprangen, waren noch grün.

Die Spällung der Pappeln (*Populus nigra*) unterscheidet sich merklich von der aller bisher aufgeführten Bäume. Anstatt nämlich den Markstrahlen parallel zu seyn, sind hier die Spällungsflächen senkrecht darauf. Die größte Breite der Leisten entspricht der Richtung der Jahresringe, die auseinander gewichen und getrennt sind. Oft verwickeln sich diese Wirkungen mit solchen, welche der Drehung des Stamms angehören, und der Stamm löst sich in krumme concentrische Leisten auf, die seitlich durch Holzfasern in Verbindung stehen. Manchmal kann das Holz aus der Bast-schicht herausgezogen werden, wie der Kolben aus dem Stiefel einer Pumpe.

Die Espen (*Populus tremula*) boten eine eigenthümliche Art der Spällung dar. Einige, welche unterhalb der Schlucht von Saint-Maurice vor einer langen Reihe von Buchen standen, waren in Fäden aufgelöst. Der Baum scheint zer-rissen zu seyn, aber die Leisten sind nicht vollständig getrennt, sie sind durch zahlreiche Holzfasern verbunden,

die dem ganzen Stamme das Ansehen eines Flachsbtündels geben.

Kein einziger Apfelbaum (*Malus communis*) war deutlich gespält. Die auf der Fläche von Malaunay, die sich im Mittelstrich der Trombenbahn befanden, waren manchmal bis zu den Wurzeln gespalten, in Stücke zersprengt und etwa 2^m über dem Boden abgebrochen; kein einziger aber in dünne Leisten oder zündholzähnliche Splitter aufgelöst. Sämmtliche daran bemerkbare Verletzungen ließen sich auf die Wirkung eines heftigen Sturmes zurückführen.

Bäume mit verdorrten Blättern. — Zu Chatenay und Montville sind auch Bäume beobachtet worden, die noch aufrecht standen, deren sämmtliches Laub aber schwarz und verdorrt erschien. Am 24. October sah ich bei der zerstörten Spinnerei des Hrn. Picot zu Montville eine Gruppe von Birnbäumen, deren Blätter abgefallen, ihre Früchte (*poires de Cressane*) aber noch unreif waren, ob schon die Birnbäume überall noch belaubt waren und dieselbe Art Birnen in der ganzen Umgegend bereits reif war. Eine Menge Zeugen haben unmittelbar nach dem Ereignisse schwarze und verdorrte Bäume gesehen.

IV. Wirkung der Windhosen auf die Gebäude.

Die Wirkungen der Windhosen auf die Gebäude sind so verschiedener Art, daß es sehr schwer hält etwas Ordnung in ihre Aufzählung zu bringen; ich will jedoch versuchen, eine Vorstellung von den Punkten zu geben, auf die sich die Aufmerksamkeit des Beobachters vorzüglich zu richten haben wird, indem ich mich dabei auf die That-sachen stütze, die ich selber zu Montville, und die HH. Bérard, Lantheric und Pouzin zu Cette wahrgenommen haben.

Wird ein Gebäude nur leicht von einer Trombe berührt, so beschränkt sich die Zerstörung auf ein Paar ungeworfene Schorsteine. Gleichviel in welcher Richtung sie fallen, ihr Sturz kann fast immer ebenso gut durch den Wind als durch die elektrischen Anziehungen erklärt wer-

den, denn die Erschütterung verursacht häufig schräge Risse, die die Masse des Schorsteins in entgegengesetzter Richtung der seitlichen Kräfte, welche darauf einwirken, der Schwere gehorchen machen. Wichtigere Anzeichen liefern die Blitzableiter, da sie so eingerichtet sind, daß der Ausfluß der Elektrizität hier möglichst begünstigt ist. Vier Blitzableiter befanden sich auf den zerstörten Fabriken des Thales von Montville; die auf ihre Stangen aufgeschraubten Kupferspitzen waren verschwunden und haben trotz den sorgfältigsten Nachforschungen nicht wieder gefunden werden können. Die Stangen hatten ihren normalen Magnetismus behalten, den unbezeichneten Pol an der Spitze, den bezeichneten am Fuß des Blitzableiters.

Die Untersuchung der magnetischen Eigenschaften der weichen Eisenstangen der Gebäude, die von Windhosen zerstört sind, wirft auf die Natur der Erscheinung nicht so viel Licht als man glauben könnte. So hat man zu Montville an Spublärthen, gerieften Cylindern, Stücken von Treppengeländern, zu Cette an einem Stück Eisen von einem Balcon deutliche Spuren von Magnetismus gefunden; allein es ist bekannt, daß weiches Eisen in die senkrechte Lage oder in den magnetischen Meridian gebracht, von selbst magnetisch wird; man kann also daraus, daß man dergleichen magnetisch vorfindet, nicht schließen, daß es von elektrischen Strömen durchflossen worden sey. Hingegen die Umkehr der Pole einer Bussolnadel, die nicht selten am Bord vom Blitz getroffener Schiffe bemerkt worden ist, würde einen Beweis der Gegenwart kräftiger elektrischer Wirkungen abgeben.

In vielen nur leicht beschädigten Gebäuden werden bloß die Dachschiefer von der Trombe fortgenommen; in andern auch die Dachluken (*Fenêtres tabatières*); zuletzt werden die Häuser zum Theil oder ganz abgedeckt. Man muß darauf Acht geben, ob die Dächer in der Richtung des Windes oder in der entgegengesetzten Richtung fortgeführt worden sind. Im Thal von Montville kamen Beispiele vom Einen und Andern vor. Nie waren die

Dächer weit fort geworfen. Wo die Gebäude selbst zerstört waren, lagen sie auf den Trümmerhaufen; aber die Schieferplatten sind häufig mit solcher Kraft geschleudert worden, daß sie 4 — 5^m tief in Bäume oder in den Bewurf der Mauern eingedrungen sind. Ein sehr urtheilsfähiger Zeuge hat das Dach der Spinnerei des Hrn. Mare in dem Augenblick, wo die Wolke es berührte, senkrecht in die Höhe fliegen und zu Splittern zerstieben gesehen.

Die Mauern sind nach verschiedenen Richtungen gefallen, und man kann sagen, daß sie im Allgemeinen einfach eingestürzt und in sich selbst zusammengesunken sind. Die Windhose von Chatenay warf eine und dieselbe Wand nach verschiedenen Richtungen um ¹⁾ und Hr. Lalanne schätzt die dazu nöthige Kraft auf 300^{kgr} auf das Quadratmeter ²⁾. Man wird Obacht haben darauf, ob die Mauern in einem Stück umgeworfen und nur in ihrem Falle zertrümmert sind, oder ob ihre einzelnen Theile auseinander gesprengt und gerissen sind, wie die Backsteine der Fabriken von Montville. Eine Thatsache, welche die ganze Aufmerksamkeit der künftigen Beobachter zu fesseln verdient, ist die, daß zwölf Zeugen, die zur Rettung behülflich waren, versichert haben, daß die Backsteine der eingestürzten Mauern warm, sechs, daß sie glühend heiß waren. Zwei haben gehört, wie die Arbeiter sich über die Hitze der Steine beschwerten. Ein einziger kurze Zeit nach dem Ereigniß angelangter erinnert sich nicht, daß die Backsteine eine erhöhte Temperatur besaßen. Diese heißen Steine kamen sowohl bei den HH. Mare und Neveu vor, deren Werke durch Wasserräder getrieben waren, als bei Hrn. Picot, der eine Dampfmaschine anwendet.

Der Beobachter wird mit großer Sorgfalt alle Beschädigungen aufzeichnen, die er an den Fußböden und Decken wahrnehmen wird. Die verschiedenartigsten Wirkungen sind hier beschrieben worden, als aufgerissene sowohl steinerne als getäfelte Fußböden, durchlöchernde Decken, ausgerissene

1) Peltier, *Observations sur les trombes*, p. 159.

2) *Comptes rendus etc. T. IX. p. 221. 1839.*

Nägel und andere Eisenstücke. Wenn die Verwüstungen nicht allzubeträchtlich sind, die Gebäude nicht, wie die Fabriken des Thals von Montville, völlig zerstört sind, wird der Beobachter suchen sich von der Richtung der wirkenden Kräfte Rechenschaft abzulegen. Im Allgemeinen ist diese Richtung die von unten nach oben. Bei dieser Untersuchung muß man nicht unterlassen ein stetes Augenmerk auf die leitende und nicht leitende Beschaffenheit der Stoffe für die Elektrizität zu haben; man wird den Zustand der Feuchtigkeit und der Trockniß wohl beachten, wodurch diese Beschaffenheit geändert wird. Um von der Wichtigkeit dieser Unterscheidungen einen Begriff zu geben, wird es genügen daran zu erinnern, daß in der kleinen Fabrik des Hrn. Picot zu Montville der verschonte Theil, der einzige, dessen Dach unversehrt geblieben ist, gerade über einem fließenden Wasser und einem großen eisernen Wasserrade gebaut und mit einem Zinkdache versehen ist. Man wird sich zu versichern suchen, ob nicht die Balken Spuren von Spällung darbieten, und dabei auf ihren Trocknißzustand achten, indem man das Beispiel der gespällten Sparren in dem Giebel der Abtei von Saint-Médard zu Soissons im Auge hält ¹⁾).

Da die Kamine eine unmittelbare Verbindung zwischen der freien Luft und dem Innern der Gebäude herstellen, verdienen sie eine besondere Aufmerksamkeit. So sah man zu Chatenay Funken aus dem Kamin sprühen und Wäsche, die auf einem Tisch lag, wurde durch den Kaminschlot in die Weite entführt ²⁾).

In der Fabrik des Hrn. Mare zu Montville hingen ein Rock und ein Leibrock an einem Kleiderrechen vor einem Schorsteine, der durch eine Dachstube ging. Nach der Trombe fand man einen Schoofs des einen und einen Theil des Schoofs des andern Rockes in einer wagerechten Spalte eingeklemmt und gefangen, die an dem Schorstein entstanden war; zugleich bemerkte man, daß das Dach

1) Peltier, *Observations sur les trombes*, p. 157.

2) *Annuaire du bureau des Longitudes, pour 1838* p. 485.

gelüftet worden war. Die aufmerksame Untersuchung der Möbel in den Wohnungen, in Verbindung mit der Aussage der Bewohner, ist häufig von der größten Wichtigkeit. Oft sind sie von ihrer Stelle gerückt, in die Höhe gehoben, umgeworfen oder zerbrochen. So erfasste die Windhose, die am 12. Juni 1749 über Rom fortging, eine Lampe, versetzte sie in eine kreisende Bewegung und führte sie rund um das Zimmer, ohne daß sie erlosch. Bei der Trombe von Natchez ¹⁾ am 7. Mai 1840 wurde ein Pult mit Fächern geöffnet, in deren jedem nur 0,02 Cubikmeter Luft enthalten waren. Die Schlösser der drei Klappen fanden sich zersprengt.

Alle Spuren von Feuer werden sorglich beachtet werden müssen, denn sie würden auf die Mitwirkung des Blitzes deuten; doch würde man irren, glaubte man diese Spuren im Verhältniß zu den sonstigen Schäden; bei der Windhose von Cette verbrannten ein Strohsack und ein Kleid, bei der von Montville fanden sich die Baumwollenspuhlen gebräunt und ein Bett fing Feuer. Ein gewöhnlicher Blitzschlag bringt oft viel stärkere Verbrennungsercheinungen hervor. Doch wird sich der Beobachter bemühen, den hier bemerkbaren mit größter Sorgfalt nachzugehen, denn ihre Gegenwart, einmal sicher festgestellt, schließt unmittelbar die Vorstellung aus, als sey die mechanische Gewalt des Windes die einzige Ursache der Zerstörungen gewesen. Auch wird man zu bedenken haben, ob nicht in gewissen Fällen das durch die elektrische Strömung plötzlich in Dampf verwandelte Wasser die Wirkung hat hervorbringen können. Hr. Arago schreibt ihm einige von den Wirkungen der sogenannten aufsteigenden Blitze zu ²⁾.

Nach Feststellung der materiellen Schäden scheint mir eine umständliche Vernehmung der Personen nothwendig, die der Erscheinung aus der Nähe und Ferne beigewohnt haben. Zwei derartige Verhöre haben auf die Er-

1) Espy, *Philosophy of storms*, p. 344.

2) *Annuaire du Bureau des Longitudes pour 1838*. p. 371.

scheinungsweise der Windhosen mehr Licht geworfen als alles, was vorher darüber geschrieben worden war. Das eine, vom wissenschaftlichen Standpunkt aus, hat Peltier über die Trombe von Chatenay angestellt, das andere gerichtliche hat über die von Montville stattgefunden. Die sämtlichen Zeugenaussagen, unter einander verknüpft und verglichen, haben uns so zu sagen den Vorgang selbst bewohnen lassen, der auf eine sehr übereinstimmende Weise beschrieben worden ist, sowohl durch die in den umgestürzten Gebäuden, als durch die in einiger Entfernung befindlichen Personen. Es wird von Wichtigkeit seyn, die Empfindungen von Personen festzustellen, die sich auf der Bahn der Windhose, indem man dem Schreck und der Uebertreibung billig Rechnung trägt. Einige behaupten Erschütterungen gleich denen von Elektrisirmaschinen empfunden zu haben. Andere sind bloß emporgehoben und mehr oder weniger weit fortgeführt worden. Ein Schäfer ist nebst seiner Hütte durch die Windhose von Montville in die Lüfte geführt worden: er ist zu Boden gefallen, aber die Hütte hat sich nie wieder gefunden. Fast Alle behaupten einen starken Geruch wahrgenommen zu haben; man wird die Natur desselben herauszubringen suchen und dabei nicht vergessen, daß ununterrichtete Menschen fast alle unangenehme Gerüche mit dem der schwefligen Säure vergleichen. Nicht minder wesentlich ist die Untersuchung der Kleider und Körper der dem Meteor ausgesetzt gewesen Personen. Zu Montville waren die Kleider und der Körper der meisten Fabrikarbeiter mit einem schwarzen klebrigen, fast anhängenden Ueberzuge bedeckt. Ich kann ihn nach der von mir angestellten Untersuchung nicht anders erklären als durch die Annahme einer Vermischung höchst fein zerriebener Erde mit Wasserdampf. Dieser schwarze Staub war es, der durch die Wolke dahingetragen, ihr das Aussehen eines Rauches gab, welches alle Zeugen bekunden, und zwischen ihr und dem Erdboden eine Verbindung herstellte, so daß es schien, als brennten die Wälder, über die die elektrische Wolke hinzog.

Die Leichen der Opfer, die Wunden der Ueberlebenden verdienen gleichfalls eine aufmerksame Untersuchung, die begreiflich nur durch einen urtheilsfähigen Arzt angestellt werden kann. Seine Aufmerksamkeit wird sich auf die Spuren von Verbrennung, von Phlyctänen von Echylosen u. s. w. zu richten haben, die etwa die Haut darbietet, ferner auf die Natur der Wunden, die Zufälle, die damit verbunden sind, und insbesondere auf etwa sich kundgebende Lähmungen. Er wird diese Verletzungen mit denen vergleichen, die bei den vom Blitz getroffenen Individuen vorkommen und die Unterschiede und Aehnlichkeiten hervorheben. Diese Art von Vergleich erfordert indess viel Kenntniß und Scharfsinn. In der That z. B. boten die durch die Windhose von Montville verletzten Arbeiter alle Zeichen der mit Kriegswaffen Verwundeten dar, die Stupor, die mangelnde Blutung, livides Aussehen der gequetschten Wunden, und einige Aerzte hatten bereits in diesen Zeichen den Beweis elektrischer Einwirkungen erkennen wollen.

Ich glaube in dieser Anweisung die hauptsächlichsten Umstände angedeutet zu haben, welche bei einer Trombe die Aufmerksamkeit des Meteorologen verdienen. Alle hier möglichen Wirkungen vorauszusehen, alle Umstände einer so verwickelten, so launenhaften Erscheinung anzugeben, würde ein Ding der Unmöglichkeit seyn; ich habe die vornehmsten Punkte hervorgehoben, die Einsicht des Beobachters wird das Uebrige thun. Das Princip der hier anzuwendenden Methode der Untersuchung besteht darin, die möglichen Wirkungen des Windes, die elektrischen Anziehungen und Abstosungen, und der elektrischen Strömungen zu erwägen. Sache des Physikers ist es dann, ihre gesonderte oder vereinte Thätigkeit heraus zu erkennen, den Antheil zu zergliedern, den jede dieser Kräfte an der Erzeugung der Phänomene gehabt hat. Ein aufmerksames Studium dieser furchtbaren Meteore wird, meiner Meinung nach, zweifellos noch unbekannte Erscheinungsweisen der Elektricität ins Licht stellen; die Experimentatoren wer-

den sie nachahmen und erklären, und vielleicht wird man finden, daß die Elektricität der Wolken, weit entfernt sich durch die Verbindung mit der Erde zu schwächen, sich durch die unaufhörliche Dampfbildung innerhalb der gespällten Bäume erneuert. So wird man vielleicht dahin gelangen sich Rechenschaft abzulegen von der unglaublichen Gewalt der Trombe von Montville, die, nachdem sie bereits mehrere Wälder verwüstet und die große Fabrikgebäude von Grundaus zerstört hatte, noch nichts von ihrer gewaltigen Kraft eingebüßt zu haben schien.

**X. Blitzschlag zu Sprottau in Niederschlesien am
15. August 1850; von R. Göppert.**

Nach einem sehr schwülen Tage entlud sich Abends nach 10 Uhr ein heftiges Gewitter über dem Horizont von Sprottau. Gegen 10 $\frac{1}{2}$ Uhr erfolgte ein gewaltiger Schlag, der auch in der That nicht weit von meiner Wohnung ein Haus getroffen hatte. Bei der näheren Besichtigung desselben ergab sich Folgendes: In ein einstöckiges Haus war der Blitz, vielleicht durch zwei seitwärts gelegene offenstehende Bodenfenster, durch die etwa an dieser Stelle 6 Zoll dicke Mauer nahe am Fenster in eine nach dem Hofe im ersten Stock gelegene Stube, eingedrungen. Seinen Eintritt bezeichnete er durch eine runde, um den Rand geschwärzte Oeffnung, überschüttete hier ein unmittelbar darunter liegendes im Bette schlafendes Kind mit zahlreichen Funken, ohne es aber weiter zu beschädigen, und ging in völlig gerader Richtung an der Stubendecke längs zweien zur Befestigung der Strohmatten in ihr angebrachten Drähten und zwar an dem einen in sechs ziemlich gleich weit von einander entfernten Absätzen, die durch kleine rundliche Löcher

bemerklich waren, sichtbar bis über die Mitte hinaus der 12 Fufs breiten Stube, an dem anderen nur etwa in der Länge von 3 Fufs, wo er aber ebenfalls zwei kleine Löcher zurückliess. Fast gerade gegenüber von seinem Eintritt in die Stube hing an der Wand, zur Seite eines hölzernen Schrankes, ein mit einem ledernen dünnen Riemen versehener eiserner etwa 2 Fufs langer Bogen, an dessen unterem Ende sich eine 4 Fufs lange gewöhnliche grobe Brettsäge lehnte. Wahrscheinlich angezogen durch diese grössere Eisenmasse, sprang er von den oben genannten Drähten der Decke ab und ging nun, indem er ein oberflächliches Loch in die Wand schlug und die Spitze des genannten etwa nur 4 Linien dicken Eisenstabes schmolz, längs demselben, schmolz auch das andere Ende, an welcher Stelle sich wieder ein Loch befand und lief nun an der Säge herunter. An dem Eintrittspunkt sah man an derselben drei kleine runde vertiefte Löcher, deren Ränder nur Spuren von Schmelzung zeigten. Unterhalb der Säge, die auf dem Fufsboden stand, ging er durch denselben und durch die Mauer hindurch in eine darunter liegende Stube, die Wohnung des Stadtmusikus, welche mit messingnen Blasinstrumenten erfüllt war, deren bei weitem grösserer Theil, an einer hölzernen, in der Mitte der Stube gezogenen, die Decke nicht ganz erreichenden, Wand hing; Nur eine Posaune befand sich gerade an der Stelle, wo in der oberen Stube der Blitz an der Säge heruntergefahren war. Indem er nun durch die Mauer oberhalb in die Posaune eindrang, erreichte er das seitliche zum Ein- und Ausziehen bestimmte Stück, durchbohrte es mit einer runden Oeffnung, fuhr innerhalb in der Länge des ganzen Stückes am anderen Ende wieder heraus, schmolz es zum Theil und drückte es 3 Zoll tief in die Mauer, wie denn gerade überhaupt an dieser Stelle die Mauer sehr beschädigt, der Kalk auf 1 Fufs Länge und 5 bis 6 Zoll Breite entfernt war. Ein Theil des Metalls fehlte und wurde offenbar von dem Blitz in die Mauer geführt, wie man dies auch wohl schon anderweitig beobachtet hat. Von hier drang nun der Blitz in die nächst

stehende etwa $1\frac{1}{2}$ Fufs dicke Mauer des Nachbarhauses und kam oberhalb des in den Hof führenden Ganges wieder zum Vorschein, wie sich aus der etwa 1 Fufs im Durchmesser haltenden von Kalk entblöfsten Stelle erkennen liefs. In der Mitte dieser Stelle sitzt das Ende einer grofsen mit Eisenoxyd bedeckten Handhabe, an welcher die unmittelbar daran befindliche in den Hof führende Thür eingehängt ist. Jedoch liefs sich an diesem 3 Zoll dicken Eisen, ebenso wie an der an dieser Stelle mit ein Paar eisenen Haften beschlagenen Seite der Thür, keine Schmelzung entdecken, wie sich denn überhaupt von diesem noch in der Höhe von 8 Fufs vom Erdboden entfernten Punkte jede Spur von einem weiteren Verlaufe des Blitzes verlor. Unter dieser Stelle lagen, etwa 4 Fufs entfernt, wollene auf den Spanubrettern noch hängende Strümpfe, an denen keine Brandflecke zu sehen waren. Dergleichen befinden sich nur beim Eintritt des Blitzes in die erst beschriebene Stube auf der Bettdecke, etwa 12 ungleich von einander entfernte $\frac{1}{4}$ Zoll breite Brandflecke, so wie auf dem Hemde des Kindes. Der Vater, des in diesem Bette schlafenden Knaben, hatte Geistesgegenwart genug, auf der Stelle die brennenden Funken abzukehren, und somit die weitere Verbreitung des Feuers zu verhindern. In diesem Zimmer waren noch drei, in dem unteren fünf Menschen. Betäubt oder niedergeworfen wurde keine einzige Person, nur im unteren Zimmer ein auf dem Sopha schlafender Knabe, der etwa 4 Fufs von der genannten Posaune entfernt, aber von ihr noch durch ein Schreibpult getrennt lag, ohne weitere Beschädigung heruntergeworfen. Seine Mutter, mit einem kleinen Kinde auf dem Arme, stand nicht weit von ihm. Alle wollen gewaltiges Geprassel, Funkensprühen und Schwefelgeruch bemerkt haben.

XI. Ueber die Brechungsexponenten der zusammengesetzten Aetherarten; von W. Delffs.

Ungeachtet die Zahl der von mir bestimmten Brechungsexponenten im Vergleich mit der Anzahl der bisher dargestellten, zusammengesetzten Aetherarten nur gering ist, so scheint mir dieselbe doch groß genug zu seyn, um die Aufmerksamkeit der Chemiker auf gewisse Gesetzmäßigkeiten, welche sich zwischen der Größe dieser Brechungsexponenten und der Zusammensetzung der genannten Aetherarten herausstellen, hinzulenken.

Die Bestimmung der in nachfolgender Tabelle zusammengestellten Größen geschah mit Hülfe des von J. Müller ¹⁾ beschriebenen und abgebildeten Instruments, und macht daher nur auf angenäherte Richtigkeit Anspruch. Aus diesem Grunde halte ich es für überflüssig, die Temperatur, bei welcher die Messungen vorgenommen wurden, genauer anzugeben, indem ich mich darauf beschränke hinzuzufügen, daß diese Temperatur bei den einzelnen Aetherarten nur um wenige Grade schwankte, und daß das Instrument innerhalb dieses Intervalls bei einer und derselben Aetherart keine bemerkliche Differenz in der Größe der Brechungsexponenten wahrnehmen liefs.

Die benutzten Aetherarten wurden sämmtlich von mir selbst dargestellt, und namentlich in Bezug auf ihren Siedepunkt geprüft, in dem keine derselben zur Bestimmung der Brechungsexponenten diene, bevor sie einen constanten Siedepunkt zeigten. Die meisten wurden nach den allgemein bekannten Methoden dargestellt; nur das essigsaure Methyloxyd und das baldriansaure Aethyloxyd wurden auf minder gewöhnlichem Wege gewonnen. Ersteres bereitete ich durch Destillation eines innigen Gemenges von methylschwefelsaurem Baryt mit essigsaurem Natron; letzteres stellte ich gemeinschaftlich mit Hrn. Prof. Schröder in

1) Dessen Lehrb. der Physik und Meteorologie, 2. Aufl. Bd. 1, S. 384.

Mannheim, (mit dem ich mich zu meinem weiteren Studium dieser interessanten Gruppe von Verbindungen vereinigt habe), durch Destillation von baldriansaurer Magnesia mit sogenannter Weinschwefelsäure dar.

	Zusammen- setzung.	Brechungs- exponent.
Ameisensaures Aethyloxyd	$C^6H^6O^4$	1,3570
Essigsaures Methyloxyd	$C^6H^6O^4$	1,3576
Essigsaures Aethyloxyd	$C^8H^8O^4$	1,3672
Buttersaures Aethyloxyd	$C^{12}H^{12}O^4$	1,3778
Baldriansaures Aethyloxyd	$C^{14}H^{14}O^4$	1,3904
Essigsaures Amyloxyd	$C^{14}H^{14}O^4$	1,3904

Ein Blick auf diese Tabelle zeigt:

- 1) *dafs die Brechungsexponenten der zusammengesetzten Aetherarten mit den Mischungsgewichten derselben wachsen; und*
- 2) *dafs die isomerischen Aetherarten gleiche Brechungsexponenten besitzen.*

Ein fortgesetztes Studium dieser Körpergruppe wird zeigen, ob sich diese beiden Gesetze auch bei den übrigen Gliedern derselben bestätigen. Zu bedauern ist nur, dafs dafs das Material zur Darstellung der meisten noch fehlenden Glieder so schwierig zu erwerben ist. Es wäre daher wünschenswerth, wenn auch andere Chemiker sich durch diese Mittheilung veranlaßt sehen sollten, die obige Reihe zu vervollständigen.

Heidelberg, den 13. November 1850.

XII. *Beobachtungen über das Sonnenspectrum;* *con Sir David Brewster.*

(*Compt. rend. T. XXX. p. 578.*)

Da die Phänomene des Sonnenspectrums innig verknüpft sind mit fast allen Zweigen der physischen Optik, so bin

ich veranlaßt, der Academie eine kurze Notiz über einige Resultate einer 15 jährigen Reihe von Beobachtungen zu übergeben.

Die Beobachtungen wurden angestellt mit einem von Dollond verfertigten Fernrohr, bei welchem bloß die sphärische Aberration berichtigt war. Das Objectiv hatte einen Durchmesser von 4 Zoll englisch und das angewandte Prisma war die Arbeit des Hrn. Merz in München; es ist glaube ich das größte Prisma, das jemals angefertigt worden.

Da meine Augen für die violetten Strahlen unempfindlich sind, so konnte ich das Spectrum nicht über die von Fraunhofer für die brechbarsten Strahlen angegebene Gränze ausdehnen; allein dieser Mangel wird aufgewogen durch eine ungemeine Empfindlichkeit für die rothen Strahlen, und dadurch war ich nicht allein im Stande, im Orange und im Roth eine große Anzahl interessanter Linien und Streifen von verschiedener Intensität zu entdecken, sondern auch den wenigst brechbaren Theil des Spectrums weit über die Gränzen auszudehnen, welche Fraunhofer demselben gesteckt hat.

Ich wünschte, ich könnte der Academie die Zeichnungen vorlegen, welche die zwischen den Fraunhofer'schen liegenden Linien vorstellen; allein ich habe es unausführbar gefunden, wenigstens in genügender Weise, weil die Erscheinungen aus dunklen oder verschiedenartig schattirten Streifen bestehen, die nicht nach der von Fraunhofer befolgten Methode durch scharfe Linien dargestellt werden können. Ich muß mich daher für jetzt damit begnügen die Originalskizzen auf den Tisch der Academie zu legen, damit sie von denjenigen Mitgliedern untersucht werden mögen, die sich speciell dafür interessiren.

Diese Skizzen repräsentiren die Linien und Streifen in allen Theilen des Spectrums, allein vornehmlich wünsche ich die Aufmerksamkeit der Academie zu lenken auf den Theil des Spectrums, der jenseits der Fraunhofer'schen Gränze A liegt und, meines Wissens, aufser mir noch von

Niemand untersucht ist, so wie auf den interessanten Theil des *rothen* Raums zwischen den Linien *A* und *B*, worin Fraunhofer nur eine mit *a* bezeichnete Gruppe von acht kleinen Linien versetzt hat.

Der neue Theil des Spectrums, der sich über die Fraunhofer'sche Gränze *A* erstreckt, ist fast so lang wie der Raum zwischen *A* und *B*.

Um diesen Raum zu studiren, fand ich es nöthig, nicht allein alle übrigen Strahlen, die auf das Prisma fallen konnten, durch Absorption auszuschließen, sondern auch den Körper des Fernrohrs inwendig mit schwarzem Sammt auszukleiden, und überdies die zu dicke Flüssigkeit, welche die Hornhaut schlüpfrig macht, durch Reizung des Auges mittelst Ammoniakdämpfe fortzunehmen. Auf diese Weise entdeckte ich fünf Hauptlinien und eine große Anzahl schwächerer mit mehreren Streifen, breiteren und schmälern, von sehr verschiedenartigen Helligkeitsgraden. Der merkwürdigste Theil dieser Region des Spectrums ist eine Gruppe von zwölf Linien dicht bei *A* und auf der weniger brechbaren Seite dieser Linie. Diese Linien sind um so mehr von einander getrennt als sie sich von *A* entfernen, so daß sie dem von ihnen eingenommenen Theil des Spectrums das Ansehen einer cylindrischen Concavität ertheilen, die in ein *rothes* Solidum verläuft.

In dem zwischen *A* und *B* liegenden Stück des Spectrums, in dessen Mitte Fraunhofer die mit *a* bezeichnete Gruppe von acht Linien gesetzt hat, lassen sich drei Theile unterscheiden: 1) der zwischen der Linie *A* und der ersten Linie der Gruppe liegende Theil, den man mit *A1* bezeichnen kann; 2) die Gruppe *a* selbst oder der Raum zwischen 1 und 8; 3) der Theil zwischen der letzten Linie 8 dieser Gruppe und *B* oder 8*B*. In der Skizze, welche ich im Allgemeinen von dem Raum *AB* gegeben, habe ich die Linien nach einem Maassstabe gezogen, der einem Spectrum von 11 engl. Fufs Länge entspricht. Ueberdies habe ich der Gruppe *a* wegen des besonderen Interesses, welches sie verdient, nach einem drei Mal gröfseren

Maafsstabe, also entsprechend einem Spectrum von vier und dreifsig Fuß Länge, gezeichnet. Die Linien, welche diese Gruppe enthält, 36 an der Zahl, erfordern eine sehr deutliche Auseinanderlegung des ganzen Raums, und dieselbe Vergrößerungsscale ist nothwendig, um die hellen und dunklen Räume zwischen den Linien sichtbar zu machen. Der Theil *Ba* oder vielmehr *B8* enthält dicht bei *B* eine Gruppe aequidistanter recht scharfer Linien, die von *B* durch einen schmalen glänzenden Raum getrennt ist. Die Linien werden in dem Maafse schwächer als sie *a* näher kommen und bilden drei helle und drei dunkle Streifen von sehr verschiedener Breite. Der Theil *A1*, der bei Fraunhofer das Ende des Spectrums bildet und in welchem derselbe keine Linien angiebt, ist ungemein schwierig aufzulösen. Nach vielen unfruchtbaren Versuchen ist es mir gelungen, in der Mitte dieses Raums neun bis zehn sehr schwache Streifen zu entdecken, so wie auch gegen seine beiden Enden *A* und *1* hin eine kleine Anzahl schmalerer und schärferer Streifen.

Beim Sonnenuntergang, im September 1841, war die Linie *A* sehr bedeutend ausgebreitet, so daß sie ein breites dunkles Band bildete, aber sehr merkwürdig war der mittliche Theil dieses Streifens oder Bandes, der etwa ein Drittel des Ganzen einnahm, dunkler als das Uebrige und deutlich getrennt von den beiden anderen Dritteln, zwischen welchen es lag, so daß es eine größere Neigung zur Absorption verrieth als die anliegenden Theile.

Bei Untersuchung dieser schwer auflösbaren Theile des Spectrums gelang es mir, Linien, welche sonst unsichtbar gewesen wären, dadurch zu entdecken, daß ich sie mit einem Prisma betrachtete, dessen Brechungsebene mit der Richtung der Linie zusammenfiel. Ein noch besseres Resultat erhielt ich bei Anwendung einer cylindrischen Linse von kurzer Brennweite, die als ein System sehr vieler Prismen von verschiedenen Brechungswinkeln angesehen werden kann. Wenn man die verschiedenen Punkte des schlecht begränzten Randes einer Linie in einer einzigen Ebene

bricht, besteht der Effect gewissermaßen in einer Politur dieses Randes, wodurch er dann sichtbar wird.

In dem von Fraunhofer gezeichneten Spectrum sind alle Erscheinungen durch schwarze, deutliche und scharfe Striche angegeben. Nach meinen mit viel stärkeren Vergrößerungskräften gemachten Beobachtungen besteht das Spectrum aus einer unermesslichen Anzahl von Streifen von sehr verschiedener Intensität, getrennt durch scharfe Linien von verschiedener Breite. Sehr möglich, daß diese Streifen nichts als Absorptionswirkungen der Atmosphäre sind und daß Beobachtungen, in höheren Regionen der Luft angestellt, das Spectrum so ergeben, wie es Fraunhofer dargestellt hat ¹⁾. Möglich wäre auch, daß mit größeren und reineren Prismen als wir gegenwärtig besitzen die dunklen Streifen in Linien aufgelöst werden können, wie wir die Nebelflecke in Sterne aufgelöst haben; allein bis zur Vollendung solcher Versuche haben wir das Spectrum, wie wir es gegenwärtig sehen, als bestehend anzunehmen aus Streifen von sehr verschiedenen Intensitätsgraden, in welchen, sey es durch Wirkung der Sonnenatmosphäre oder durch die unserer Atmosphäre, nur ein Theil des Lichtes ausgelöscht ist.

Die Behauptung, daß die Atmosphäre der Erde in der Modification des Sonnenspectrums eine sehr wichtige Rolle spiele, kann nicht dem leisesten Zweifel unterliegen. Ich habe Gelegenheit gehabt das Spectrum zu allen Tagesstunden und bei allen Sonnenhöhen unserer geographischen Breite zu untersuchen und habe dabei verschiedene Absorptionswirkungen der Atmosphäre beobachtet. Ich habe die dadurch entstandenen Streifen kunstlos und eilig aufgezeichnet; sie sind von bestimmten Linien des Spectrums begränzt und zuweilen außerordentlich breit, ähnlich denen, welche das salpetrige Gas erzeugt. Diese mit *D*, *m*, *C*, *B*, *a*, *A* und *M* bezeichneten Linien verwandeln sich bei gewissen Zustäu-

1) Ich habe schon früher darauf aufmerksam gemacht (Ann. Bd. 38, S. 63) daß Fraunhofer seine Beobachtungen in einer Höhe von 1600 Fuß über dem Meere anstellte. P.

den der Atmosphäre in breite schwarze Streifen und es giebt einen beträchtlichen Raum, entsprechend dem hellsten Raum des Spectrums, der im Moment, wo die Sonne sich in die Mitte eines glänzenden Vorhangs von rothem Lichte versenkt, fast ganz absorbiert wird.

Schon habe ich bemerkt gemacht, dass der Raum *AB* einer der interessantesten ist. Als Fraunhofer das Spectrum eines künstlichen weissen Lichts verglich mit dem der Sonne, entdeckte er die sehr merkwürdige Thatsache, dass dieses Spectrum, während darin keine dunklen Streifen vorhanden sind, *zwei helle Streifen von gelbem Licht* enthält, die genau coïncidiren mit den beiden schwarzen Linien, welche die Linie *D* des Sonnenspectrums bilden. Ich habe eine analoge und noch merkwürdigere Eigenschaft an dem Spectrum des Lichts von der Verbrennung des *Salpeters auf Kohle* entdeckt. Dieses Spectrum zeigt glänzende rothe Linien, coïncidirend nicht allein mit den Doppellinien *A* und *B*, sondern auch mit jeder der *acht* Linien, welche die Gruppe *a* im Fraunhofer'schen Spectrum bilden.

Auch in dem Spectrum des Lichts von der Verbrennung des *salpetersauren Strontians* in der Alkoholflamme habe ich zwischen *D* und *E* glänzende Streifen entdeckt; allein obwohl sie mit gewissen Streifen und Linien des Sonnenspectrums zusammenzufallen *schienen*, habe ich doch diese muthmafsliche Coïncidenz nicht ganz aufser allen Zweifel setzen können.

Ich zweifle nicht, dass bei dem Lichte aus der Verbrennung verschiedener Salze und Metalle ähnliche helle Linien entdeckt werden, die mit anderen Hauptstreifen des Sonnenspectrums zusammenfallen.

XIII. Ueber eine merkwürdige Eigenschaft des Dampfes und ihre Beziehung zur Theorie der Dampfmaschine; von Hrn. William Thomson.

(*Phil. Mag. Vol. XXXVII. p. 387. Ein Brief an Hrn. Joule.*)

In Hrn. Rankine's Aufsatz über die mechanische Wirkung der Wärme ¹⁾ wird das folgende merkwürdige Resultat ausgesprochen: „Wenn man gesättigten Wasserdampf sich ausdehnen läßt und zugleich in der Temperatur der Sättigung erhält, so ist die Wärme, welche bei der Ausdehnung verschwindet, größer als die, welche beim Sinken der Temperatur frei wird, und der Wärmeverlust muß von außen ersetzt werden, sonst würde ein Theil des Dampfes liqueficirt werden, um die zur Ausdehnung des Restes erforderliche Wärme zu liefern. Dieser Schluss glaube ich kann nur durch Ihre Entdeckung, daß bei Reibung bewegter Flüssigkeiten Wärme entwickelt wird, mit den bekannten Thatsachen vereinbart werden. Denn bekanntlich kann man die Hand ohne Gefahr in einen aus der Sicherheitsklappe eines Hochdruck-Kessels hervorkommenden Dampfstroms stecken, und ebenso bekannt ist, daß das „Watt'sche Gesetz“ die Abnahme der latenten Wärme des gesättigten Dampfes mit steigender Temperatur nicht streng ausdrückt, vielmehr hat Regnault gezeigt, daß die Gesamtwärme des gesättigten Dampfes langsam und annähernd gleichförmig mit der Temperatur abnimmt. Diese beiden Thatsachen sind mit einander verträglich und verknüpft; denn nach der letzteren, muß der Dampf, der zum Hochdruck-Kessel austritt, dicht bei und außerhalb der Mündung, wo natürlich sein Druck schwerlich den der Atmosphäre übertreffen kann, auf einer Temperatur merklich über 212° befindlich und folglich übersättigt seyn, und wohl bekannt ist, daß die Hand nicht leidet, wenn man sie einem heißen Strom von trockenem Gase aussetzt, selbst wenn dessen Temperatur

1) *Transact. of the Roy. Soc. of. Edinb. Vol. XX. pt. I. (Vergl. S. 172 dieses Bandes d. Ann.)*

bedeutend 212° übersteigt. Allein nach Hrn. Rankine's Satz würde der Dampf, den man von der Sättigung ab sich ausdehnen läßt, *wenn ihm keine Wärme zugeführt wird*, gesättigt bleiben, bis auf eine kleine Portion, die flüssig wird. Entweder ist Hr. Rankine's Folgerung im Widerspruch mit den Thatsachen oder *der Dampf muß beim Austritt aus dem Kessel etwas Wärme aufnehmen*. Die vorgebliche Erklärung einer entsprechenden Erscheinung beim Ueberströmen von Luft aus einem Gefäße in ein anderes, nach Gay-Lussac's Versuch, worauf Sie hinweisen, ist hier sicher nicht anwendbar, weil der Dampf, statt Wärme von außen aufzunehmen, beim Durchgang durch den Hahn oder die Röhre mittelst Strahlung und Leitung ein wenig verlieren muß. Es ist kein anderer Weg, auf welchem der Dampf Wärme erlangen kann, als durch Reibung beim Ausströmen durch die Mündung. Mithin glaube ich sagen zu dürfen, daß Ihre Entdeckung allein Hrn. Rankine's Entdeckung mit den Thatsachen vereinbaren kann.

In Verbindung mit diesem Gegenstand ist zu bemerken, daß wenn Ihr fundamentaler Satz von der Umwandelbarkeit der Wärme in mechanischen Effect, den auch Hr. Rankine annimmt, richtig ist, eine Wassermenge, die vom Frostpunkt aus auf eine höhere Temperatur gebracht, und bei dieser Temperatur in gesättigten Dampf verwandelt wird, den man nun durch eine kleine Oeffnung der Ausdehnung überläßt, so daß er all sein „Werk“ in Reibung verwendet, dieser Dampf im ausgedehnten Zustand die „Gesamtwärme“ besitzen muß, welche ihm gegeben worden war; läßt man ihn dagegen so ausdehnen, daß er einen Stempel gegen eine widerstehende Kraft fortschiebt, so wird er im ausgedehnten Zustand um den entsprechenden Betrag des entwickelten mechanischen Effects weniger als die gesamte Wärme enthalten. Ist der oben erwähnte Satz des Hrn. Rankine richtig, so muß dieser Betrag größer seyn, als der von Regnault gemessene Betrag der Abweichung vom Watt'schen Gesetz; und er muß folglich ein sehr bedeutender Antheil der gesamten Wärme

seyn, statt dafs, glaube ich, alle Experimentatoren, ausgenommen Sie, ihn bisher für unwahrnehmbar gehalten haben.

In dem Paragraph, der auf den eben erwähnten folgt, bemerkt Hr. Rankine „es giebt bisjetzt noch keinen experimentellen Beweis von dem vorstehenden Satz. Freilich hat man bei nicht-condensirenden Dampfmaschinen gefunden, dafs der entweichende Dampf sich immer auf der dem Druck entsprechenden Sättigungstemperatur befindet und eine Portion Wasser im flüssigen Zustand mit sich führt, allein es ist unmöglich das durch Verdichtung des Dampfs entstandene Wasser von dem mechanisch aus dem Dampfkessel übergeführten zu unterscheiden“. Die Umstände, unter welchem der Dampf durch die verschiedenen Theile einer nicht-condensirenden Maschine geht, sind sicher sehr complicirt. Selbst da, wo kein Wasser „mechanisch aus dem Kessel übergeführt wird“ können wir aus der Thatsache, dafs der Dampf feucht und bei 212° aus der grofsen Dampfrohre hervortritt, nicht auf die Richtigkeit des Rankine'schen Satzes schliessen, weil diefs aus dem äufsern Wärmeverlust des Cylinders, der Röhren u. s. w. erklärt werden könnte, und ebenso können wir, wenn man den Dampf in irgend einem Falle trocken und bei einer Temperatur über 212° aus der Dampfrohre hervorströmen sieht, nicht auf die Unrichtigkeit des Rankine'schen Satzes folgern, es sey denn, man wüfste, das Expansionsprincip wäre bei dem Spiel der Maschine bis zum Aeufersten getrieben. Sicher ist jedoch, dafs wenn Hrn. Rankine's Satz richtig ist, der Dampf, nachdem er durch eine Hochdruckmaschine gegangen, in welcher das Expansionsprincip bis aufs Aeuferste getrieben ist, aus der grofsen Dampfrohre mit der Temperatur 212° und feucht (und also die Hand verbrühend) austreten wird, es mag in den verschiedenen Theilen der Maschine ein Wärmeverlust nach aufsen stattfinden oder nicht; und betrachtet man Regnault's Abänderung des Watt'schen Gesetzes als festgestellt, so ist gewifs, dafs der Dampf, welcher aus einem

Hochdruckkessel unmittelbar in offene Luft ausströmt, wärmer als 212° und trocken ist.

Die Demonstration, welche Hr. Rankine giebt, beruht zum Theil auf gewissen Hypothesen in Betreff der specifischen Wärmen der Gase und Dämpfe. Allein aufser diesem Satz folgert er aus derselben Untersuchung noch einen andern, welcher durch Regnault's Modification des Watt'schen Gesetzes experimentell bestätigt wird; und, wie leicht zu ersehen, läßt sich folglich, wenn wir uns begnügen Regnault's Resultat als ein experimentelles Factum zu betrachten, und wir Ihr mechanisches Aequivalent für eine Wärme-Einheit annehmen (oder Rankine's Werth, welcher etwa $\frac{7}{8}$ des Ihrigen ist), Hr. Rankine's merkwürdiges Theorem beweisen ohne andere Hypothese als die der Umwandelbarkeit von Wärme in mechanischen Effect.

In einem Aufsatz in Poggendorff's Annalen (April und Mai 1850) zieht Hr. Clausius einen ähnlichen Schluss wie den eben angeführten des Hrn. Rankine (dessen Aufsatz am 4. Februar in der K. Gesellschaft zu Edinburg gelesen ward). Ich war noch nicht im Stande, mich vollständig mit dem Aufsatz bekannt zu machen; allein aus den zu Anfange auseinandergesetzten Principien und Methoden, welche von denen Carnot's nur in der Annahme Ihres Axioms statt des Carnot'schen abweichen, zweifle ich nicht, daß der Beweis des in Rede stehenden Satzes wesentlich derselbe ist als der von Hrn. Rankine, modificirt in der Weise wie ich es angedeutet habe.